SABER MAS

CARL SAGAN - RICHARD TURCO

Un efecto imprevisto: EL INVIERNO NUCLEAR

La Humanidad corre el riesgo de un final apocalíptico





muy

CARL SAGAN - RICHARD TURCO

Un efecto imprevisto

EL INVIERNO NUCLEAR

Título original:

A PATH WHERE NO MAN THOUGHT

Traducción de
LORENZO CORTINA

Revisión científica:
Doctor RAMÓN PASCUAL

Catedrático de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Barcelona

Ilustración de la portada:

Primera edición: Mayo, 1991

DISTANCIA DESDE EL PUNTO CERO (MILLAS)

Una explosión nuclear de un megatón estalla a unos cuantos kilómetros por encima de la ciudad de Nueva York. La radiación de la bola de fuego, que viaja a la velocidad de la luz, ya ha hecho arder las estructuras inflamables hasta diez millas (16,5 km) y más desde el centro de la ciudad. La onda de choque, que viaja a la velocidad del sonido, aún no ha alcanzado la ciudad. Las torres gemelas del «World Trade Center» se ven a la derecha.

DISTANCIA DESDE EL PUNTO CERO (MILLAS)

Mientras la onda de choque abandona la ciudad, la mayoría de los rascacielos y los edificios se han derrumbado. Los incendios se han extinguido momentáneamente a causa de la onda de choque, y el humo es aspirado fuera de la ciudad. Por encima del escenario pende la nube en forma de hongo, que absorbe los escombros a altitudes elevadas, hasta la parte inferior de la estratosfera para una potencia explosiva superior a unos 200 kilotones.

DISTANCIA DESDE EL PUNTO CERO (MILLAS)

La onda de choque ha pasado. Muchos incendios provocados por la bola de fuego, y otros —prendidos, por ejemplo, por las conducciones de gas rotas o demolidas— están ahora en todo su apoge

oDISTANCIA DESDE EL PUNTO CERO (MILLAS)

Los incendios se extienden y abarcan un área de 150 km^2 o más. Por encima de los incendios se alzan grandes nubes de humo negro.

DISTANCIA DESDE EL PUNTO CERO (MILLAS)

El infierno se ha convertido en una tormenta de fuego. Al igual que un rugiente fuego en una chimenea con el tiro abierto, pero a una escala muchísimo más vasta, una gran columna de aire convectivo se establece por sí misma, succionando hacia arriba las llamas y transportando el humo hasta elevadas altitudes. Los vientos de la tormenta de fuego pueden exceder la fuerza de un huracán.Muchos días después, colgando sobre la aplanada ciudad, se encuentra un vasto palio de humo, que se extiende por la estratosfera. El desarrollo simultáneo, y la subsiguiente extensión y fusión, de muchas nubes de hollín semejantes, en varias alturas, puede llevar a un invierno nuclear.

[Referencia: R. P. Turco, O. B. Toon, T. P. Ackermann, J. B. Pollack y C. Sagan, «Los efectos climáticos dei invierno nuclear», Scientific American 251 (2), agosto de 1984, 33-43; reimpreso en ruso en V Mire Naukj, octubre de 1984, 4-16. Cortesía de Scientific American.]

ÍNDICE

A nuestros más íntimos colaboradores en el descubrimiento del invierno nuclear, Owen B. Toon, Thomas P. Ackerman y James B. Pollack; a Paul J. Crutzen y John Birks por su inspiración y perspicacia; y a la memoria de Vladimir A. Alexandrov, que desapareció entre el humo y el polvo.

Grandes salas de tesoros tiene Zeus en los cielos, desde donde pueden acarrearse al hombre males extraños, más allá de la esperanza o del miedo,

Y al fin, los hombres miran hacia los cometas y existe un camino en el que ningún hombre pensó.

EURÍPIDES, *Medea*

PREFACIO

Este libro trata sobre un inquietante descubrimiento científico. Versa asimismo acerca de la perspectiva de vida y muerte para todos los terrestres. Pero, en última instancia, y principalmente, trata de la inesperada apertura de un camino posible, por el que debemos avanzar hacia un mundo mucho más seguro. Se trata de una obra esperanzadora y optimista, pero que se funda en una realidad humana y técnica que parece temible e implacable. Su tema incluye poderosas, y en ocasiones no examinadas, creencias, doctrinas y prejuicios. La perspectiva de lo que hemos denominado «invierno nuclear» desafía las ideologías políticas, económicas y religiosas. Se considera como un reproche de lo que durante muchos años se ha considerado como la prudencia convencional. Lewis Thomas las ha llamado unas «extraordinarias buenas noticias». El invierno nuclear parece llevar a algunas personas a la desesperación, otras han rechazado la posibilidad de algo irrevocable, mientras que existen las dispuestas a conseguir cambios políticos. A muy pocos les deja indiferente este asunto.

No pretendemos ser unos observadores desapasionados. Nos hemos visto muy implicados en el descubrimiento y desarrollo de la ciencia del invierno nuclear, y en el debate de sus implicaciones políticas. Se nos ha forzado a contemplar cómo podría ser una guerra nuclear y nos ha parecido una experiencia tremendamente turbadora. Tenemos un punto de vista al respecto. Pero opinamos que este punto de vista no constituye

ninguna clase de prejuicio, sino lo que podría denominarse un posjuicio: un juicio llevado a cabo, no antes sino después de haber examinado las pruebas. En una época de rápidos avances en las relaciones Estados Unidos-URSS, al negociar sobre reducción de armamentos en unas proporciones sin precedentes, y ante la emergencia de la conciencia de la necesidad de proteger el medio ambiente global, proponemos la perspectiva de ese invierno nuclear que tanto tiene que enseñarnos.

Cuando se estaba finalizando este libro, el control de armas y la eliminación, por lo menos, de algunos sistemas de armamento nuclear, no sólo se discutía, sino que, en realidad, se llevaba a cabo. El buen clima actual en las relaciones entre los Estados Unidos y la Unión Soviética constituye un agudo contraste respecto de la gelidez de la guerra fría. De forma comprensible, existe en la actualidad una tendencia a creer que el problema de la guerra nuclear está ya resuelto, o por lo menos en proceso de resolverse, por lo que podríamos al fin ignorarlo y volver nuestra atención a la vasta serie de otros problemas acuciantes. Sorprendentemente, esta opinión se halla muy extendida. Florece en especial cuando las reuniones en la cumbre de las superpotencias son cordiales. Pero nos parece que se trata de una ilusión.

Pese a la auténtica buena voluntad existente en las actuales actitudes de las superpotencias, y los cambios profundos que existen en sus relaciones, el hecho puro y simple es que, en este momento, unas 10.000 armas nucleares, en cada lado, y con total premeditación, se hallan apuntadas a unos blancos específicos de la parte contraria. Alguno de dichos blancos albergan a millones de personas. En las ojivas de los misiles y en las bodegas de bombas de los aviones, esas armas aguardan, como fieles y obedientes criados que esperan órdenes. Si se activan, saldrán volando, a mitad de camino, en torno del planeta si es necesario, lanzadas en misiones de viaje sólo de ida por una simple palabra. Se trata de las armas estratégicas, diseñadas para viajar de un país al otro. Existen asimismo casi 35.000 armas nucleares tácticas, con objetivos más modestos. Las bombas que destruyeron Hiroshima y Nagasaki pertenecían a esta escala. En total, existen en todo el mundo 60.000 armas nucleares. Detrás de las bien venidas mejoras en retórica y en relaciones, la maquinaria de la muerte en masa aún aguarda, ronroneante y atenta. No es ninguna exageración ni una hipérbole decir que

miles de millones de personas se hallan en riesgo. Y es aún demasiado pronto para la complacencia.

De todos estos peligros con los que se enfrenta la especie humana, la guerra nuclear y el invierno nuclear —algo abrumador como mostraremos—, constituyen los peligros mayores. Como si se tratara de una múltiple redundancia, la capacidad de una posibilidad de disparo rápido para la aniquilación mutua existe, y todas las aseveraciones de seguridad o de seguro no son más que palabras huecas. El *Challenger* y Chernobil nos recuerdan que esos sistemas de alta tecnología, en que se han invertido enormes cantidades de prestigio nacional, pueden funcionar de un modo desastroso. Los políticos de los Estados Unidos y de la Unión Soviética son imprevisibles, como los recientes acontecimientos han demostrado hasta la saciedad. No sabemos quién llegará al poder en los años y décadas venideros. Las armas nucleares, al igual que las enfermedades, proliferan. Cuanto más remoloneen las principales potencias nucleares acerca de una sustancial reducción mutua de armamento, menos autoridad moral y credibilidad política aportarán para prevenir la proliferación de esas armas en otras naciones, y más se amplía la serie de asuntos e intereses nacionales que pueden desencadenar una guerra nuclear. El invertir de una manera segura la carrera de armas nucleares debería tener, en palabras de Andréi Sajarov, «prioridad absoluta sobre todos los demás problemas de nuestra época».

Una era de mejora en las relaciones entre los Estados Unidos y la Unión Soviética resulta el tiempo más óptimo para laborar en fijar de nuevo la doctrina militar y política, para reconsiderar el poner orden en los sistemas de armas, en invertir la carrera de armamentos. Sin embargo, no resulta posible una inversión significativa sin unos cambios de largo alcance en las actitudes que cada nación alberga en relación con la otra. Pero, al empezar la última década del siglo xx, tales cambios están ya claramente en marcha. La mejora de las relaciones entre Estados Unidos y la Unión Soviética hacen posible al respecto una justa y comprobable reducción de armamentos. En este aspecto, existe una retroalimentación positiva: los procesos políticos y de control de armamentos se alimentan mutuamente.

Creemos que el invierno nuclear proporciona un incentivo que impele a una inversión de la carrera de armamentos: un incentivo que abarca no sólo a las naciones provistas de armas

nucleares, sino a toda la comunidad humana. También ofrece pistas importantes en cómo llevar a cabo las reducciones de armamentos y a qué niveles más bajos se debe apuntar.

Una renovada pasión por la democracia está barriendo nuestro planeta. Llega en un momento en que los logros de la ciencia y de la tecnología, algunos de una dificultad sin precedentes, se han desplazado al centro del escenario. Nuestro bienestar requiere informar a los ciudadanos y a los que hacen la política. En temas de esta importancia no es suficiente, para los ciudadanos y para los que realizan la política, confiar en expertos (mucho menos en «autoridades» de las que, en ciencia, no hay, como así debe ser, ninguna); necesitan informarse *ellos mismos.* No existe otro modo para tomar unas decisiones responsables.

Como ocurre en otros muchos asuntos urgentes en las agendas de política nacional y global, el invierno nuclear posee un aspecto científico y cuantitativo. Es completamente posible comprender las ideas fundamentales y debatir las implicaciones políticas del invierno nuclear sin poseer ninguna clase de antecedentes científicos o matemáticos. Pero nuestra comprensión mejora si nos tomamos la pequeña molestia de considerar la ciencia. En este libro describimos algunos de los principales temas científicos en diferentes formas: con palabras, con gráficos y, en una extensión limitada, con números. Incluso confiamos en que los lectores sin el menor conocimiento de física y una fobia por las matemáticas, tendrán escasos problemas para seguir la argumentación. Hemos intentado describir las ideas claves desde diferentes puntos de vista. También hemos interrelacionado la ciencia y la política, especialmente al principio del libro, para enfatizar sus interacciones.

En un libro que cruza por tantos campos y que se enzarza en emociones tan fuertes, somos conscientes de que pueden presentarse errores de hecho o de juicio. Por medio de un vigoroso criticismo de las argumentaciones de unos y de otros durante la redacción de este libro, y por medio de la crítica y del consejo de muchos otros, hemos intentado minimizar tales errores. Esperamos que los lectores nos comuniquen cualquier cosa que pueda faltar. A juzgar por la experiencia del pasado, también recibiremos objeciones de una tendencia más filosófica e ideológica. Confiamos en que este libro realice una contribución respecto de la discusión, debate y acción acerca del tema más urgente y temible de nuestra época.

Estamos en deuda con todos aquellos que leyeron y comentaron los primeros borradores, entre los que se incluyen Des-mond Ball, de la Universidad Nacional de Australia, Camberra; McGeorge Bundy, de la Universidad de Nueva York; Ingvar Carlsson, primer ministro de Suecia; Christopher Chyba, Universidad de Cornell; Paul Crutzen, del Instituto Max Planck de Química, Maguncia, Alemania; Ted Doty, de la Universidad de California, en Los Angeles; Freeman Dyson, Instituto para Estudios Avanzados, Princeton; Jerome D. Frank, de la Facultad de Medicina de la Universidad John Hopkins, Baltimore; Richard L. Garwin, del Centro de Investigación Thomas J. Wat-son, «IBM Corporation»; almirante retirado Noel Gayler; Gyor-gi S. Golitsin, Instituto de Física Atmosférica, Academia de Ciencias soviética, Moscú; Lester Grinspoon, Facultad de Medicina de la Universidad de Harvard; Ray Kidder, Laboratorio Nacional Lawrence Livermore; contraalmirante retirado Gene La Rocque, Centro de Información para la Defensa, Washington; Herbert Lin, Comité de la Cámara de los Servicios Armados; John Lomberg; Robert C. Malone, Laboratorio Nacional de Los Álamos; Michael C. McCracken, Laboratorio Nacional Lawrence Livermore; Robert S. McNamara; Roland Paulsson, Fundación Alva y Gunnar Myrdal, Estocolmo; gobernador Russell W. Peterson; A. Barrie Pittock, Organización de Investigación Científica e Industrial, Australia; Frank Press, presidente, Academia Nacional de Ciencias y miembros del Consejo de Dirección de Investigación Nacional; Alan Robock, Universidad de Maryland; Stephen H. Schneider, Centro Nacional de Investigación Atmosférica, Boulder; Richard Small, Empresa de Investigación Pacific Sierra, Los Ángeles; Jeremy Stone, Federación de Científicos Americanos, Washington; Frank von Hippel, Universidad de Princeton; Cari Friedrich von Weizsäcker, Instituto Max Planck, Starnberg, Alemania y varios actuales o antiguos oficiales militares que desean permanecer en el anonimato. Hemos realizado un esfuerzo por reflejar todas sus opiniones en este libro, aunque no todos los revisores suscriben todas sus opiniones. Un proyecto mucho más primitivo de este libro, previsto sobre todo para los que hacen la política, circuló con la petición de sugerencias acerca del medio más apropiado para su publicación. La insistente recomendación de Freeman

Dyson, respecto de que sería más aconsejable para un público general, desempeñaron un papel importante en la subsiguiente evolución del manuscrito, y en la publicación del actual volumen.

Otros que nos han ayudado de varias maneras —en especial ensanchando y profundizando nuestros conocimientos acerca de guerra nuclear, invierno nuclear y sus implicaciones, o estimulando nuestra forma de pensar acerca de estos temas— resultan demasiados para citarlos por completo, pero incluyen a: Vladimir Alexandrov; Robert L. Alien; Luis Álvarez; Jean An-douze; Gyorgi Arbatov; David Auton; Hans Bethe; John Birks; Harold Brode; Helen Caldicott; Cary Caton; Robert Cess; Yevgueni Chazov; Tom Cochrane; Samuel Cohen; Stephen Cohén; Curt Covey, Philip Dolan; Paul Ehrlich; Tom Eisner; Daniel Ellsberg; Alton Frye; Jack Geiger; Forrest Gilmore; Iain Gilmour; Newt Gingrich; Alexander Ginzburg; Barry Goldwater; Al Gore; Kurt Gottfried; Stephen J. Gould; Léon Gouré; Kennedy Graham; Irving Gruber; James Hansen; Mark Harwell; Alan Hecht; John Holdren; Franklyn D. Holzman; Eric Jones; Serguéi Kapitsa; Amron Katz; George F. Kennan; Glenn A. Kent; George Kistiakovski; Ned Lebow; Andréi Kokoshin; Valmore La Marche, Jr.; David Lange; Robert Lelevier; Bernard Lown; John Maddox; Jesse Marcum; Carson Mark; Alí Mazrui; Philip Morrison; Paul Nitze; Olof Palme; Kevin Pang; Richard Perle; William Perry; Vladimir Petrovski; John L. Pickitt; David Pimentel; George Porter; Theodore Postol; William Proxmire; Michael Rampino; George Rathjens; Peter Raven; Glenn Raw-son; Irwin Redlener; John Rhinelander; Walter Ore Roberts; Estelle Rogers; Igor Rogov; Joseph Rottblat; Roald Sagdeev; Abdus Salam; James Sanborn; Jacob Scherr; Pete Scoville; Brent Scowcroft; Charles Shapiro; Dingli Shen; Stephen Shen-field; Steven Soter; John Steinnbruner; Arthur Steiner; George Stenchikov; Edward Teller; Starley Thompson; Charles Tow-nes; Pierre Trudeau; Yevgueni Velijov; Frederick Warner; Paul Warnke; Mark Washburn; Thompson Webb III; Viktor Weiss-kopf; Robert R. Wilson; Tim Wirth; Albert Wohlstetter; Lowell Wood; Roy Woodruff; George Woodwell; Andrew T. Young; B. Ya. Zeldovich; Solly Zuckerman; y, naturalmente, nuestros colegas del TTAPS, Brian Toon, Tom Ackerman y Jim Pollack. Los mencionados no se hacen responsables por las opiniones aquí vertidas. Existen muchos otros de los que somos deudores por

su constante aliento y por sus valiosos consejos.

Uno de nosotros (C. S.) se vio implicado, al principio de los años 1980, en un proyecto televisivo, nunca llevado a término, llamado *Núcleo.* Algunas de las ideas que se formularon en primer lugar durante ese proyecto han podido llegar a cumplirse en este libro. Deseamos agradecer al distinguido Consejo de dirección de *Núcleo,* y a sus coautores, Ann Druyan y Steven So-ter, su trabajo en dicho proyecto.

Damos las gracias a Scott Meredith y Jack Scovil, de la Agencia Literaria Scott Meredith, y a Bob Aulicino, Joni Evans, Derek Johns, Hugh O'Neill y Backy Saletan, de «Random House», y a nuestras familias por su comprensión y apoyo. Ann Druyan realizó unas contribuciones importantes y sustanciales durante muchos años en el contenido de este libro. Le estamos por ello profundamente agradecidos. El capítulo I se basa en el discurso de aceptación, por parte de Cari Sagan, de la Medalla Oersted, Asociación Americana de Profesores de Física, Atlanta, 23 de enero de 1990.

Robert Nevin ha acompañado con gran habilidad este manuscrito en sus diversas encarnaciones. Le estamos especialmente agradecidos. También damos las gracias a Shirley Arden, Nancy Palmer y a Eleanor York, por su ayuda.

Prólogo
LA PURA Y SIMPLE AMENAZA DEL FIN DEL MUNDO

Aunque con frecuencia los médicos saben que sus pacientes morirán debido a una enfermedad, nunca se lo dicen así. El advertir de un mal sólo está justificado si, además de la advertencia, existe alguna escapatoria.

CICERÓN: *Adivinación,* II, 25.

En 1982 ya había quedado claro para los autores de este libro —y para algunos más— que las consecuencias de una guerra nuclear podrían ser mucho peores que cuanto sabían o comprendían los dirigentes civiles y militares de las naciones-Estado en contienda. Habíamos emprendido la investigación de lo que, más tarde, llamamos invierno nuclear, con muy pocas ideas preconcebidas; y, de haberlas, se trataba más bien de que la guerra nuclear, como mucho, provocaría una pequeña oscilación en el clima global. Y ésta era seguramente la opinión predominante desde el descubrimiento de las armas nucleares. Pero, en la actualidad, nuestros cálculos han revelado la posibilidad de una catástrofe climática a nivel general. Incluso a causa de una «pequeña» guerra nuclear. Nos sentimos entonces en la obli gación de hacer llegar esos descubrimientos a la atención de aquellos en cuyas manos se hallaba la estrategia y la política nuclear.

A finales de 1983, pudimos organizar una pequeña reunión de consejeros principales del gobierno y funcionarios de pasadas Administraciones y, si era posible, otros de las futuras. Y esto sucedía en un momento de la época Reagan cuando «luchar» y «ganar» una guerra nuclear se consideraba algo factible y el describir, simplemente, los peligros de la guerra nuclear —dejando aparte el asunto del invierno nuclear— se consideraba, si no antipatriótico, sí por lo menos algo que erosionaba la voluntad del pueblo estadounidense de oponerse a la tiranía soviética y, por lo tanto, algo ingenuo y bobo. Ningún funcionario de la Administración asistiría a nuestra convocatoria. De todos modos, acudieron jefes militares retirados de alta graduación, un ex consejero y otro futuro del Consejo Presidencial de Seguridad Nacional, ex miembros del Consejo de Seguridad Nacional, un ex director de la Agencia de Seguridad Nacional, analistas de las principales corrientes de pensamiento y el embajador Averell Harriman, que había negociado el tratado de prohibición de pruebas nucleares atmosféricas. Esta reunión a puerta cerrada se llevó a cabo en una sala de conferencias muy adornada y sin ventanas en la parte del Senado del Capitolio. Con el empleo de un pequeño proyector, presentamos nuestros descubrimientos científicos, en lo que confiamos que sería un nivel de fácil comprensión. Nos parecía que el invierno nuclear era una cosa tan seria como para tener implicaciones importantes en la estrategia política y doctrina nucleares, e incluso para tener un efecto sobre las sobrentendidas, y por lo general no examinadas, actitudes compartidas por casi todos las autoridades norteamericanas y soviéticas en relación con la guerra fría. En resumen, dimos una visión general de todas esas implicaciones.

Como pueden imaginar —y dado que nuestras averiguaciones resultaban tan inesperadas, y puesto que sus implicaciones iban mucho más allá de los malentendidos de lo que, por entonces, pretendía ser la opinión generalizada—, la discusión resultó bastante animada. La observación que encontramos más sorprendente, así como la más útil, la pronunció un importante aficionado a las artes ocultas:

—Miren —nos dijo—, si creen que la pura y simple amenaza del fin del mundo es suficiente para hacer cambiar de pensamiento a Washington y Moscú, es que no han pasado mucho tiempo en esas ciudades.

Desde entonces, hemos pasado un tiempo considerable en Washington y en Moscú, así como en otros lugares donde la guerra nuclear se planifica y sopesa. La citada observación resultó particularmente útil porque nos recordó lo alejados que se hallaban muchos funcionarios y estrategas de los horrores que planificaban y lo resistentes que se habían vuelto a cualquier cambio fundamental los principales sistemas políticos y militares, así como los laboratorios de armas. Si había que informar acerca del invierno nuclear, llevaría mucho tiempo el lograr el más pequeño cambio en la política nacional.

Hoy, la gente y los líderes del mundo parecen mucho más conscientes de los peligros de una guerra nuclear de lo que eran al iniciarse los años 80, en el momento en que se descubrió el invierno nuclear. Creemos que resulta posible, por las razones que describiremos, que el invierno nuclear tenga algo que ver con este cambio en las actitudes y en la conciencia, que «la pura y simple amenaza del fin del mundo» —o algo semejante— había al fin comenzado a variar las cosas. También creemos que el concepto de invierno nuclear es algo que aún no se ha captado por completo y que deberá tener una influencia mucho mayor.

Si hoy tuviésemos que dar una sesión de instrucciones, acerca del invierno nuclear, a los funcionarios de las naciones que poseen el arma nuclear, el presente libro constituiría la base de todo aquello que les diríamos. Describe lo que determina el clima de conjunto de la Tierra, y cómo la guerra nuclear puede variar dicho clima; cómo serían las consecuencias a largo plazo de una guerra nuclear, tanto para los individuos como para las sociedades; y cómo el invierno nuclear puede ayudarnos a trazar un camino que nos haga salir de los en la actualidad, obscenamente hinchados arsenales nucleares, hacia un mundo en el que, aunque no nos veamos del todo liberados del azote de una guerra nuclear, podamos estar mucho más seguros que en nuestro mundo actual, que se encuentra sumido en una ignorancia casi total de las consecuencias más serias de las armas que empleamos y que, con un gran costo, estamos penosamente acumulando con el objetivo de mantenernos «seguros».

Nos encontramos en una época en que las superpotencias nucleares, con gran dinamismo, están en realidad considerando, tal vez como en los años venideros, la timorata medida de reducir los arsenales nucleares mundiales, desde cerca de 60.000 armas a sólo un poco menos de 50.000.

Pero si hemos de hallar una escapatoria a la amenaza de los presagios de un invierno nuclear —de una catástrofe climática total y la muerte de miles de millones de personas—, aún tenemos que hacer las cosas muchísimo mejor.

Capítulo primero
CRESO Y CASANDRA

He profetizado a mis paisanos todos sus desastres.

Casandra, en ESQUILO, *Agamenón.*

En el Olimpo, Apolo era el dios del Sol. También se hallaba encargado de otros asuntos aparte de la luz solar, y uno de éstos era la profecía; en realidad, consistía en una de sus especialidades. Los dioses del Olimpo podían ver algo del futuro, pero Apolo era el único que, de forma sistemática, ofrecía este don a los humanos. Fundó Oráculos, el más famoso de los cuales era el de Delfos, donde santificó a sacerdotisas, a las que se llamó Pitias. Los reyes y los nobles —y de vez en cuando la gente corriente— acudían a Delfos y suplicaban que se les comunicase lo que había de suceder.

Entre los peticionarios se encontró Creso, el rey de Lidia. Le recordamos por la frase «tan rico como Creso». Parte de la razón de que fuese tan rico radicaba en que fue una de las personas que inventó el dinero: las primeras monedas fueron lidias, y se acuñaron durante el reinado de Creso. (Lidia estaba en Ana-tolia, en la actual Turquía.) Su ambición no pudo contenerse dentro de las fronteras de su pequeña nación. Y así, según la *Historia* de Heródoto, se le metió en la cabeza que sería una,

buena idea invadir y someter Persia, la superpotencia del siglo VII a de C. Ciro había unido a los persas y a los medos y forjado el poderoso Imperio persa. Como es natural, Creso estaba muy ansioso por todo esto.

A fin de juzgar lo conveniente de la invasión, envió emisarios a consultar al Oráculo de Delfos. Cabe imaginarlos cargados de regalos que, incidentalmente, podemos decir que se exhibían aún, en Delfos, un siglo después, en la época de Heródoto.

La pregunta que hicieron los enviados por cuenta de Creso fue:

—¿Qué sucederá si Creso declara la guerra a Persia?

Sin vacilar, la Pitia respondió:

—Destruirá un poderoso imperio.

—Los dioses están con nosotros —se dijo Creso, o unas palabras parecidas—. ¡Ha llegado el momento de la invasión!

Ya relamiéndose, y calculando las satrapías que muy pronto serían suyas, Creso reunió sus ejércitos mercenarios e invadió Persia. Y fue humillantemente derrotado. Y no sólo quedó destruido el poder de Lidia, sino que él mismo, y durante el resto de su vida, se convirtió en un patético funcionario en la corte persa, que ofrecía algunos consejos a unos funcionarios casi siempre indiferentes: un ex rey parásito. Es algo parecido a si el emperador Hirohito hubiese vivido hasta el final de sus días como asesor en los alrededores de Washington, D.C.

La injusticia de todo el asunto le afectó en gran manera. A fin de cuentas, él había jugado según las reglas. Había pedido consejo a la Pitia, había pagado con creces, y la Pitia le había hecho equivocarse. Por lo tanto, envió a otros emisarios al Oráculo (esta vez con unos regalos mucho más modestos, adecuados a su, ahora, mucho más baja posición).

Y preguntó:

—¿Cómo me has podido hacer esto?

Y he aquí, según Heródoto, la respuesta:

La profecía dada por Apolo era que, si Creso hacía la guerra a Persia, destruiría un poderoso imperio. Ante esto, de haber estado bien aconsejado, debería haber mandado preguntar de nuevo, si de lo que se hablaba era de su propio imperio o del de Ciro. Pero Creso no entendió lo que se le decía, ni realizó ninguna otra pregunta. Por lo tanto, sólo se puede echar la culpa a sí mismo.

Si el Oráculo de Delfos era sólo una chapuza para desplumar a reyes crédulos, en ese caso, como es natural, lo que necesitaba era buscar excusas para explicar los errores evitables. Las ambigüedades encubiertas eran una moneda muy común. De todos modos, la lección de la Pitia no deja de venir a colación. Incluso a los oráculos les hemos de plantear preguntas inteligentes, incluso cuando parezcan decirnos exactamente lo que deseamos oír. Los que hacen la política no deben aceptar las cosas a ciegas; también deben comprenderlas. Y lograr que no se interpongan sus propias ambiciones en la vía de su comprensión. La conversión de la profecía en actuación debe realizarse con cuidado.

Este consejo es por completo aplicable a los oráculos modernos, a los científicos, a las fuentes de pensamiento y a las Universidades. Los que hacen la política, a veces, y a desgana, preguntan al oráculo y les llega la respuesta. Actualmente, los oráculos ofrecen de manera voluntaria sus profecías, incluso cuando nadie se las pide. En cualquier caso, los que hacen la política deciden entonces cómo actuar. La primera cosa que se debe hacer es comprender. Y, a causa de la naturaleza de los oráculos modernos y sus profecías, los que construyen la política necesitan —más incluso que antes— comprender la ciencia y la tecnología.

Existe otra historia acerca de Apolo y los oráculos, y por lo menos de idéntica relevancia. Se trata de la historia de Casan-dra, princesa de Troya. (Comienza exactamente antes de que los griegos invadiesen Troya para empezar la guerra de Troya, y también discurre en la actual Turquía.) Era la más inteligente y la más bella de las hijas del rey Príamo. Apolo, que siempre andaba en busca de humanos atractivos (como la mayor parte de los dioses y diosas griegos) se enamoró de ella. Y de una forma rara —algo que casi nunca ocurre en el mito griego—, ella resistió sus acosos. Se negó a las proposiciones de un dios. De manera que intentó sobornarla. ¿Pero, qué podía regalarle? Ya era una princesa. Y asimismo rica y bella. E incluso feliz. De todos modos, Apolo tenía alguna cosa que brindarle. Le prometió el don de la profecía. La oferta resultó irresistible. Y ella se mostró de acuerdo. *Quid pro quo.* Apolo realizó todo aquello que los dioses llevan a cabo para crear videntes, oráculos y profetas a partir de meros mortales. Pero luego, de una manera escandalosa, Casandra falló a su promesa.

A Apolo aquello no le gustó nada. Pero tampoco podía retirar el don de la profecía porque, a fin de cuentas, no dejaba de ser un dios. (A pesar de lo que puedas decir de ellos, los dioses mantienen sus promesas.) En vez de ello, la condenó a un destino cruel e ingenioso: que nadie creería en sus profecías. (Lo que ahora estamos contando se halla desarrollado en el drama *Agamenón,* de Esquilo.) Llegado el momento, Casandra predijo a su propio pueblo la caída de Troya. Pero nadie le prestó atención. Predijo la muerte del jefe de los invasores griegos, Agamenón. Y nadie le prestó tampoco atención. Incluso predijo su propia y temprana muerte, y tampoco nadie le hizo el menor caso. No querían escucharla. Incluso se rieron de ella. La llamaron, tanto griegos como troyanos, «la dama de los muchos pesares». Hoy, tal vez, la despreciasen como «profetisa de la muerte y del pesimismo».

Existe un momento muy divertido en la obra de teatro cuando ella no puede comprender cómo esas angustiadas predicciones de catástrofe —algunas que, de ser creídas, podrían evitarse— eran ignoradas. Les dijo a los griegos:

—¿Cómo es que no me comprendéis? Conozco muy bien vuestra lengua.

Pero el problema no radicaba en su pronunciación. La respuesta, que parafraseamos, es:

—Mira, la cosa es así. Incluso el Oráculo de Delfos a veces se equivoca. En ocasiones, sus profecías son ambiguas. No podemos estar seguros. Y si no podemos estar seguros, lo mejor es que lo ignoremos.

Eso es lo más cerca de lo que ella estuvo de una respuesta sustancial.

Con los troyanos sucedió lo mismo.

—He profetizado a mis paisanos —dijo Casandra— todos sus desastres.

Pero ignoraron sus profecías y fueron destruidos. Y muy pronto a ella le pasó lo mismo.

La resistencia a las profecías terribles experimentada por Casandra es hoy igual de fuerte. Al vernos enfrentados con una ominosa predicción que implica fuerzas poderosas ante las que no podemos influir con presteza, tenemos una resistencia natural a rechazar o ignorar la profecía. El mitigar o sortear el peligro puede llevar tiempo, esfuerzo, dinero, coraje. Y también requerir de nosotros que alteremos las prioridades de nuestras

vidas. Y no todas las predicciones de desastres, incluso las reali-zadas por científicos, se cumplen por completo: la mayor parte de la vida animal de los océanos no ha perecido a causa de los insecticidas; a pesar de Etiopía y del Sahel, el hambre a nivel mun-dial no ha sido el sello característico de los años 1980; los aviones supersónicos no amenazan la capa de ozono. Y todas estas predicciones las han realizado científicos serios (ref. 1.1). (*)

Por lo tanto, cuando nos enfrentamos a una nueva e incómoda predicción, podemos vernos tentados a decir: «Improbable.» «Muerte y juicio final.» «Nunca hemos experimentado nada que, remotamente, se parezca a eso.» «Sólo tratan de asustarnos a todos.» «Eso es malo para la moral pública.» Y lo que es más, si los factores que producen la catástrofe pronosticada vienen ya de muy antiguo, entonces la predicción en sí es ya para nosotros algo rechazado indirecta o tácticamente. ¿Por qué hemos permitido que se desarrolle este peligro? ¿No deberíamos habernos informado mucho antes? ¿No hemos tenido cierta parte de complicidad, dado que no hemos actuado para asegurarnos que los dirigentes de los gobiernos emprendiesen las acciones apropiadas? Y a causa de que estas reflexiones son incómodas —el que nuestra falta de atención haya podido ponernos a nosotros y a nuestros seres queridos en peligro—, resulta natural que a veces se produzca una tendencia, no muy bien ajustada, a rechazar todo el asunto. Nos decimos que se necesitan unas pruebas más firmes antes de que nos las podamos tomar en serio. Y existe una tentación a minimizarlo, a dejarlo de lado, a olvidarlo. Los psiquiatras son muy conscientes de esta tentación. Lo llaman «denegación».

Los relatos de Creso y Casandra representan los dos extremos de respuesta política a predicciones de un peligro mortal: el caso de Creso representa el polo de una aceptación crédula y no crítica, impulsada por la codicia u otros defectos del carácter; y la respuesta de griegos y troyanos a Casandra representa el polo de un rechazo firme e inmóvil a la posibilidad de un Peligro. La tarea del que hace la política radica en mantener un justo medio entre estos dos peligros potenciales.

Supongamos que un grupo de científicos alega que es inmi-

(*) Notas y referencias, ordenadas según la secuencia de los capítulos, se encuentran en la parte última del libro. La ref. 1.1 es la referencia 1 del capítulo I. La ref. 14.6 es la referencia 6 del capítulo XIV.

nente una catástrofe importante en el medio ambiente. Supongamos, además, que lo que se requiere para impedir o mitigar la catástrofe resulta caro, costoso en recursos económicos e intelectuales, pero también en cuanto es algo que desafía nuestra forma de pensar, es decir, que resulta costoso políticamente. ¿Hasta qué punto los que hacen la política deben tomar en serio a los profetas científicos? Existen maneras de calibrar la validez de las profecías modernas, dado que, en los métodos científicos, existe un mecanismo de corrección de errores, una serie de reglas que, de una forma repetida, funcionan bien, y que, en ocasiones, se denomina método científico. Hay cierto número de dogmas. Los argumentos que proporciona la autoridad tienen poco peso («Porque lo digo yo», es algo que no vale); la predicción cuantitativa es un medio bastante bueno de hacer derivar ideas útiles de cosas sin sentido; los métodos de análisis no deben albergar resultados que resulten inconsistentes en relación a lo que conocemos acerca del universo; los debates arduos constituyen un signo saludable; las mismas conclusiones tienen que haber sido extraídas de una forma independiente, a través de grupos científicos competentes, para que podamos tomar en serio una idea. Y cosas parecidas. Existen medios para que quienes dirigen la política decidan, encuentren un camino intermedio seguro entre la acción precipitada y la impasibilidad.

A veces oímos hablar acerca del «océano» de aire que rodea la Tierra. Pero el espesor de la mayor parte de la atmósfera —incluyendo toda la parte de la misma que está implicada en el efecto invernadero — es sólo el 0,1% del diámetro de la Tierra. Incluso aunque incluyamos la alta estratosfera, la atmósfera no llega siquiera al 1% del diámetro de la Tierra. Eso de «océano» suena a algo masivo, imperturbable. Pero el grosor del aire, en comparación con el tamaño de la Tierra, es algo parecido al espesor de una capa de laca en el globo de una lámpara. Muchos astronautas han informado haber visto esa delicada y delgada aura azul en el horizonte del hemisferio iluminado con la luz del día y que, de manera inmediata, espontánea, han pensado acerca de su fragilidad y vulnerabilidad. Y tienen razón para estar preocupados.

Hoy nos encontramos ante una circunstancia absolutamente nueva, sin precedentes en toda la historia humana. Cuando , empezamos, digamos, hace centenares de miles de años, con una población de una densidad media sobre la Tierra de menos

de una centésima de persona por kilómetro cuadrado, los triunfos de nuestra tecnología eran sólo el hacha de mano y el fuego. Éramos entonces incapaces de conseguir unos cambios importantes en el medio ambiente global. Jamás hubiera podido ocurrírsenos una cosa así. Éramos demasiado pocos y nuestros poderes demasiado débiles. Pero, a medida que iba pasando el tiempo, mientras nuestra tecnología mejoraba, nuestros números aumentaron exponencialmente, y ahora nos encontramos ante un promedio de unas diez personas por kilómetro cuadrado, y el número de personas se halla concentrado en las ciudades, y tenemos a nuestra disposición un pavoroso arsenal tecnológico, los poderes del cual comprendemos y controlamos sólo de forma incompleta. Las inhibiciones respecto de un empleo irresponsable de esta tecnología son débiles, a menudo sin mucho entusiasmo y casi siempre, a nivel mundial, subordinados a unos intereses nacionales o empresariales a corto plazo. En la actualidad somos capaces, de una forma intencionada o inadvertida, de alterar el medio ambiente global. Y hasta qué punto haremos frente a las diversas catástrofes planetarias que se han profetizado, continúa siendo aún un asunto para debate de estudiosos. Pero que podamos hacerlo así, está en la actualidad fuera de cuestión.

Existen tres indicadores clave de cómo la tecnología impulsa un cambio global atmosférico: el invierno nuclear, la disminución de la capa de ozono y el sobrecalentamiento invernadero. Este libro trata sobre todo de lo primero, aunque, como veremos, los tres se hallan íntimamente conectados. Pueden existir —hasta creemos que es inevitable que existan— otras catástrofes globales del medio ambiente impulsadas por nuestra tecnología y que no somos aún lo bastante inteligentes para reconocerlas. Tal vez la ciencia y los debates políticos acerca del invernó nuclear serán útiles para incluir asimismo esos peligros todavía no descubiertos.

Capítulo II
LA IDEA DEL INVIERNO NUCLEAR

El humo se alza. La niebla
se extiende.
Llorad, amigos míos,
y sabed que por esos actos
hemos perdido para siempre nuestra herencia.

Uno de los últimos poemas aztecas, escrito en 1521 en la víspera de la destrucción de la civilización azteca. De *Poems of the Aztec Peoples,* Edward Kis-sam y Michael Schmidt, trad. (Ypsilanti, Mich.: «Bi-lingual Press», 1983.)

La Segunda Guerra Mundial acabó con la explosión de la bomba de fisión o atómica, el arma más devastadora hasta entonces inventada por la especie humana. Siete años después, se creó un arma mil veces más poderosa: la bomba de fusión o de hidrógeno, tan potente que empleaba la bomba de fisión sólo como gatillo, como cerilla para encenderla, En las décadas posteriores a Hiroshima y Nagasaki, el número, variedad y poder de las armas nucleares aún se incrementó más. Muchas naciones sintieron que era esencial que la poseyesen. Se convirtieron en una especie de platos fuertes respecto de la respetabilidad internacional; el derecho de admisión al estatus de gran poten-

cia; el medio para intimidar a las demás naciones, de desencadenar el orgullo patriótico, de lograr éxitos en política doméstica producía maravillas. Se idearon procedimientos para trans-portarlas con aviones de gran radio de acción; de lanzarlas en cohetes desde agujeros de cemento armado en el suelo o desde submarinos en las profundidades oceánicas, en vehículos sin pilotos que respirasen aire, volando a ras del suelo bajo el radar. Científicos e ingenieros brillantes y dedicados trabajaron para hacer caber hasta una docena de ellas, en el morro de un solo misil; e incluso aprender a meter tantos misiles en un solo submarino como para que un navio pudiese destruir 200 ciudades de alguna nación alejada. La exactitud de esos «sistemas de entrega» también mejoró. Algunas armas nucleares podían alcanzar un campo de fútbol situado en la otra parte del planeta. Cada uno podía borrar del mapa un área mucho mayor que un campo de fútbol y arrasar centenares o millares de kilómetros cuadrados.

El mundo acumuló decenas de millares de armas nucleares, y siempre en el nombre de la paz. Nuestro lado —sea cual sea donde ocurra que estemos— era siempre estable, cauto y amante de la paz. El otro lado era siempre imprevisible, peligroso, amante de la guerra. Cada lado necesitaba su vasto arsenal, o eso era lo que quienes estaban en el poder decían a sus ciudadanos, sólo para disuadir al otro lado de emplear *su* vasto arsenal. Sus manos estaba atadas. Todo era culpa del adversario. Se gastaron billones y billones de dólares.

Los establecimientos militares de las diferentes naciones armadas nuclearmente tenían, como es natural, una obligación de asegurar que, por lo menos, sus líderes nacionales —y no los ciudadanos, en cuyo nombre se hacía todo esto— comprendiesen las consecuencias de la guerra nuclear. Se explosionaron centenares de armas nucleares por encima y por debajo del suelo y sus efectos fueron comprobados: explosión, fuego, radiación. Se produjeron ciertas sorpresas, algunas formas en las que las explosiones nucleares resultaban *inesperadamente* peligrosas. En muchos casos, esos nuevos hechos se descubrieron de una forma accidental y, a menudo, se clasificaron como secretos de Estado, para no erosionar el apoyo popular a la carrera de armamento nuclear (ref. 2.1). La lluvia radiactiva resultó peor de lo que se había supuesto. Se descubrió que las explosiones a gran altura atacaban la protectora capa de ozono. La onda

electromagnética de una explosión en el espacio causaba averías sorprendentes en el equipo electrónico de satélites muy distantes y por debajo del suelo. Esos efectos secundarios imprevistos debieran haber constituido una advertencia de que podían existir otras consecuencias más serias respecto de una guerra nuclear. Pero, durante casi cuatro décadas, ni los científicos militares, ni los intelectuales de la defensa, ni ningún analista político pensaron seriamente en algo parecido al invierno nuclear. Junto con nuestros colegas Brian Toon, Tom Ackerman y Jim Pollack, fue nuestro destino el ser los primeros en calcular cuáles podrían ser las consecuencias climáticas de una guerra nuclear. A partir de nuestros apellidos (ref. 2.2), otros otorgaron a nuestro equipo de investigación el acrónimo «TTAPS», tal vez apropiado teniendo en cuenta la naturaleza de nuestros descubrimientos (*).

Todos nosotros habíamos estudiado la atmósfera y el medio ambiente, tanto de la Tierra como de otros mundos. Estábamos acostumbrados a pensar de una manera global, intentando comprender toda la gran imagen planetaria. El relato de cómo se efectuó el descubrimiento se cuenta en el Apéndice C.

Nuestro «punto de partida» fue una guerra nuclear en la que fuesen detonadas menos de la mitad de las armas nucleares estratégicas (y ninguna de las armas tácticas), muchas de ellas, —pero no la mayoría— sobre las ciudades. En casi todas las investigaciones acerca de este tema, sólo se menciona este caso. Pero también calculamos otros cincuenta casos, que cubriesen un abanico de incertidumbre, tanto en lo físico como en los blancos. Nuestros guiones variaban desde una guerra pequeña, en la que no se quemaba ninguna ciudad, hasta una «guerra del futuro» de 25.000 megatones, que requeriría más armas que las que existen en todos los arsenales actuales del mundo. Naturalmente, la gravedad de los resultados variaba según el caso elegido, desde algo desdeñable hasta lo apocalíptico. Pero en la mayor parte de los casos, incluyendo aquellos que considerábamos

(*) En la jerga militar de Estados Unidos, *Taps* es una llamada de bugle, que se toca por la noche, como una orden para que apaguemos las luces. También se toca en los funerales militares. La melodía la compuso, en julio de 1862, el general Daniel Butterfield. Pero también se canta. En una versión, que tal vez aún se enseñe en los campamentos de verano, comienza así: «El día se ha ido, se ha ido el sol, del lago, de las colinas, del firmamento...»

más plausibles, los climas previstos resultaban mucho más da-ñados de lo que habíamos conjeturado. Quedamos sorprendi-dos y conmocionados. Tratamos de mostrarnos cautelosos. Éramos muy conscientes de la naturaleza preliminar de nuestros primeros descubrimientos:

Nuestras estimaciones de los impactos físicos y químicos de la guerra nuclear son, necesariamente, más bien inseguros, dado que hemos empleado modelos unidimensionales, que los datos básicos son incompletos y a causa de que el problema no puede comprobarse experimental-mente... De todos modos, las intensidades de los efectos de primer orden son tan grandes, y las implicaciones tan serias, que confiamos que los temas científicos aquí planteados serán examinados de una manera vigorosa y crítica (ref. 2.2).

Tratamos de encontrar errores en nuestros cálculos. (Hubo incluso quienes se prestaron de manera voluntaria a ayudarnos.) Muchas de nuestras estimaciones de los parámetros de entrada resultaron ser correctos. En otros pocos casos, nuestras elecciones resultaron inexactas, pero a la larga resultó que los errores tendieron a eliminarse entre sí. Creemos que, en ningún caso, encontramos ninguna equivocación fundamental de tipo físico. En el Apéndice B se da una comparación de nuestras conclusiones originales con los resultados modernos. Se han realizado muchos progresos desde nuestro trabajo de 1982-83, y ahora están disponibles unas estimaciones mucho más ajustadas del invierno nuclear, y se han llevado a cabo ideas mucho más profundas que tenemos ahora al alcance de la mano acerca de este tema tan fascinante y tan triste a la vez.

El comprobar los errores potenciales constituyó un ejercicio de autoconocimiento. Descubrimos en nosotros mismos una ambivalencia desvirtuadora. Cuando no se materializaba una fuente potencial de error, nos regocijábamos; era señal de que habíamos realizado bien los cálculos. Pero esta sensación se veía pronto remplazada por otra: las consecuencias para la Humanidad que no dejaban de sobresalir eran tan malas que, de un modo repetido, no dejábamos de confiar en *haber* cometido un error. Por desgracia, o tal vez afortunadamente (siempre Persiste una ambivalencia), la tesis central del invierno nuclear

parece más válida hoy que nunca, desgraciadamente, porque si fuésemos tan locos como para permitir una guerra nuclear, sabemos ahora que constituiría un desastre sin parangón en la historia de nuestra especie; pero, afortunadamente, porque las consecuencias son tan graves, y tan extendidas, que una comprensión general del invierno nuclear puede ayudar a conseguir que nuestra especie recupere los sentidos.

La vida en la Tierra depende de una manera exquisita del clima (véase Apéndice A). La temperatura media de la Tierra —promediada en el día y la noche, en las estaciones, en la latitud, en la tierra y el océano, en la línea costera y el interior continental, en las cordilleras y los desiertos— es de unos 13 °C, 13 grados por encima del punto de la temperatura de congelación del agua dulce. (En la escala Fahrenheit la temperatura correspondiente es de 55 °F.) Resulta más difícil cambiar la temperatura de los océanos que la de los continentes, y ésa es la causa de que las temperaturas oceánicas sean mucho más constantes en relación con los ciclos diurnos y estacionales de lo que ocurre con las temperaturas del interior de los grandes continentes. Cualquier cambio en la temperatura global implica cambios mucho mayores en la temperatura local, si no se vive cerca de los océanos. Una prolongada caída global de la temperatura de unos cuantos grados centígrados constituiría un desastre para la agricultura; en unos 10 °C todos los ecosistemas se verían en peligro, y en unos 20 °C casi toda la vida sobre la Tierra se hallaría en riesgo (*). Por lo tanto, el margen de seguridad es muy pequeño.

Constituye un hecho central de nuestra existencia el que la Tierra estaría unos 35°C más fría que en la actualidad si la temperatura global dependiese sólo de la cantidad de luz solar absorbida por la Tierra. Se trata de un cálculo llevado a cabo de una manera rutinaria en los cursos introductorios de astronomía y de climatología. Hay que considerar la intensidad de la luz solar que llega a la parte alta de la atmósfera, restar la fracción de luz solar que se refleja de nuevo hacia el espacio, y el resto —que es principalmente absorbido por la superficie de la Tierra— da cuenta de la temperatura de nuestro planeta. Hay

(*) Estos descensos en las temperaturas corresponden, respectivamente, a 5 a 10 °F, 18 °F y 36 °F. Recuérdese que no se trata de temperaturas en sí, sino que son las cantidades en que la temperatura baja.

que equilibrar la cantidad de radiación que caldea la Tierra con la cantidad que se irradia (que no se refleja), por la Tierra hacia el espacio. La temperatura a la que se llega es, perturbadoramente unos 35°C más fría que la actual temperatura superficial de la Tierra. Si todo fuese como en las reglas de la física, la temperatura media de la Tierra se encontraría por debajo del punto de congelación del agua; los océanos, incluso de kilómetros de espesor, estarían compuestos por hielo; y casi todas nuestras formas familiares de vida —incluidos nosotros mismos—jamás hubiéramos evolucionado.

El factor que falta, y que hemos ignorado en este sencillo cálculo, es el cada vez más conocido efecto «invernadero». En la atmósfera de la Tierra, los gases, sobre todo el vapor de agua y el dióxido de carbono, son transparentes para la luz solar visible ordinaria, pero opacos a la radiación infrarroja que la Tierra irradia al espacio, en un intento por enfriarse a sí misma. Esos gases invernaderos actúan como una especie de manta, calentando la tierra sólo lo suficiente para producir el mundo clemente y agradable en que tenemos hoy el privilegio de habitar. Si el efecto invernadero resultase afectado de una manera significativa —si bajase o subiera y mucho más si desapareciera— constituiría un desastre a nivel mundial. Esto es en parte lo que constituye el invierno nuclear.

En una guerra nuclear, las potentes explosiones nucleares en la superficie impulsarían finas partículas muy arriba hasta llegar a la estratosfera. La mayor parte del polvo la llevaría la misma bola de fuego. Una fracción la succionaría el tallo de la nube en forma de seta. Incluso las explosiones más modestas en, o por encima de, las ciudades producirían incendios masivos, como ocurrió en Hiroshima y Nagasaki. El humo resultante es de lejos mucho más peligroso para el clima que el polvo. Esos incendios consumirían madera, petróleo, plástico, el alquitrán de los tejados, gas natural y una amplia variedad de otros combustibles. Se generarían dos clases de humos. La combustión a fuego lento es un incendio a baja temperatura, sin llama, en la que se producen unas partículas orgánicas finamente oleosas de un color blancoazulado. El humo del cigarrillo constituye un ejemplo. En contraste, en la combustión con llama —cuando existe un adecuado suministro de oxígeno— el material orgánico que arde se convierte en una parte significativa en carbono elemental, y el humo con hollín es muy oscuro.

El hollín es uno de los materiales más negros de la Naturaleza que se puede llegar a producir. Como en el incendio de una refinería de petróleo, o en un montón de neumáticos de automóvil incendiados, o una conflagración en un rascacielos moderno —o, más en general, en cualquier gran incendio en una ciudad—, grandes nubes de un humo turbio, feo, oscuro y con hollín se alzarían hasta muy por encima de las ciudades, en el caso de una guerra nuclear, extendiendo el incendio primero en longitud y luego en latitud.

Las partículas de polvo de elevada altitud reflejarían la luz solar adicional de nuevo hacia el espacio y enfriarían la Tierra un poco. Más importantes son las densas cortinas de humo negro en la parte alta de la atmósfera; bloquean la luz solar y no la dejan alcanzar la atmósfera inferior, donde residen, principalmente, los gases de invernadero. Esos gases se ven, por tanto, privados de su influencia sobre el clima global. El efecto invernadero disminuye y la superficie de la Tierra se enfría mucho más.

Dado que las ciudades y los depósitos de petróleo son tan ricos en materiales combustibles, no se requieren muchas explosiones nucleares sobre ellas para conseguir que una gran cantidad de humo oscurezca todo el Hemisferio Norte y aún más. Si las nubes oscuras de hollín son casi opacas y cubren un área extensa, en tal caso el efecto invernadero puede llegar a desaparecer casi por completo. En el supuesto más probable de que alguna luz solar atravesase, de todos modos la temperatura bajaría de 10 a 20°C o más, dependiendo de la estación y de la geografía local. En muchos lugares, al mediodía podría estar tan oscuro como sucede en una noche sin luna antes de que comenzara la guerra nuclear. Los cambios ambientales resultantes pueden durar meses o años.

Si el efecto invernadero es una manta en la que nos envolvemos para mantenernos calientes, en realidad lo que hace el invierno nuclear es retirar esa manta. El mencionado oscurecimiento y enfriamiento de la Tierra que seguiría a una guerra nuclear —junto con otras consecuencias secundarias— es todo eso a lo que llamamos invierno nuclear. (En el Apéndice A se proporciona una discusión más detallada del clima global y de cómo actúa el invierno nuclear.)

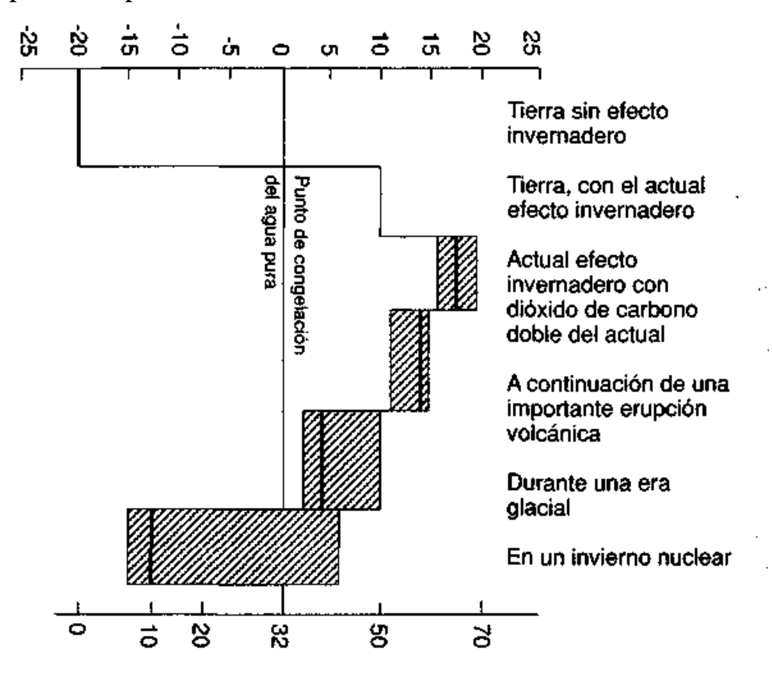
Una temperatura típica para un punto de la superficie *terrestre* de la Tierra, promediado sin tener en cuenta la latitud, la

estación y la hora del día, es más o menos de 15°C (59°F). En el caso de no existir el efecto invernadero, la temperatura resultante sería de unos —20°C (—4°F). La diferencia entre el medio ambiente planetario con el efecto invernadero y sin él equivale a la diferencia entre unas condiciones clementes y una congelación profunda. El jugar con el efecto invernadero —especialmente con aquello que lo reduce— puede resultar muy arriesgado. Esas dos temperaturas, con y sin efecto invernadero, se muestran en la parte superior de la figura 1. Si se doblase la concentración actual, en la atmósfera de la Tierra, del dióxido de carbono del invernadero de la Tierra —como sucederá dentro de unas cuantas décadas si la tendencia actual continúa—, la temperatura superficial es muy probable que se incrementase en unos cuantos grados, como muestra el diagrama. Después de una erupción volcánica importante, la temperatura puede disminuir a lo más en unos pocos grados. Durante el período glacial, la temperatura global era unos cuantos grados más fría, aproximándose al punto de congelación del agua. Y en un invierno nuclear, dependiendo de su gravedad, las temperaturas podrían volverse aún más frías, alcanzando bastante por debajo del punto de congelación. Lo frío que esto pudiera llegar a ser depende de muchas variables, que incluyen cómo se «luchase» en esa guerra nuclear, según describiremos más adelante. Pero incluso dentro de un ámbito medio de esos efectos del invierno nuclear (véase figura 1), ello ya representa la catástrofe climática más grave que haya ocurrido durante la existencia de los humanos sobre este planeta. Incluso en el ámbito de un solapamiento de temperaturas, un fuerte invierno nuclear es mucho más duro que un severo período glacial, a causa de la rapidez de su desencadenamiento (semanas en vez de siglos o milenios, aunque su duración es mucho más breve).

Como es natural, la predicción del invierno nuclear no está extraída de ninguna experiencia directa con las consecuencias de una guerra nuclear global, sino más bien de una investigación basada en la física. (El problema no se presta a una plena verificación experimental, por lo menos no más de una vez.) Los modelos derivados se calibran y prueban por medio de estudios del clima ambiental de la Tierra y otros planetas, y por las perturbaciones climáticas observadas y originadas por explosiones volcánicas, incendios forestales masivos y grandes tormentas de polvo. Después de los análisis científicos del in-

FIGURA 1


Temperatura Superficial Terrestre (²C)



Temperatura superficial terrestre (ˢF)

Posibles regímenes climáticos del planeta Tierra. Se dan las temperaturas terrestres en grados centígrados y en grados Fahrenheit, promediados sin tener en cuenta la latitud, la estación, la hora y el día. Se muestra, para cada caso, el plausible abanico de temperaturas mínimas por debajo del humo una semana después de la guerra del mes de julio. Se indica asimismo el ámbito de los valores igualmente probables. Todos los inviernos nucleares, menos el benigno, representan una alteración más grande en el clima del Hemisferio Norte que cualquiera otra que se haya experientado desde el origen de la especie humana

vierno nuclear, todo ello ha convergido en la actualidad más bien en una serie generalmente aceptada de predicciones, y dado que el invierno nuclear posee implicaciones en temas políticos que se encuentran bajo una urgente nueva forma de pensar, creemos que ha llegado el momento de una puesta al día y reconsideración tanto de la ciencia como de la política.

La prudencia convencional, sin importar lo profundamente que sea sentida, puede no constituir una guía fiable en una era

de armas apocalípticas. Cierto número de estudios han estado dirigidos a las implicaciones estratégicas y políticas del invier-no nuclear. Si las consecuencias climáticas de la guerra nuclear son graves, muchos pueden llegar a la conclusión de que se re-quieren cambios importantes en la estrategia, en la política y en la doctrina. Un breve resumen de esos estudios primerizos se proporciona en las referencias 2.3 a 2.6; algunos comentarios relacionados aparecen en las referencias 2.7 y 2.8. En este libro hemos vuelto a valorar tanto la ciencia como la política, y hemos llegado a la conclusión de que el invierno nuclear tiene unas fuertes implicaciones —en algunos casos importantes, en otros, por lo menos, secundarios— en casi todas las áreas de la estrategia, la doctrina, la política, los sistemas, el despliegue y la ética nucleares. Este amplio impacto deriva de dos factores básicos y conectados respecto del invierno nuclear: *a)* su realización presentaría un peligro inaceptable para la civilización global y, por lo menos, para la mayor parte de la especie humana, y *b)* pone en peligro en el devastador día siguiente de una guerra nuclear no sólo a los supervivientes de las naciones combatientes, sino también a un número enorme de naciones no combatientes e incluso muy distantes: personas, la mayoría de las cuales por completo no implicadas con cualquier tipo de querella o miedo que hubiese precipitado la guerra.

Dado que aún no hemos tenido ninguna guerra nuclear global, nuestras conclusiones siguen siendo sólo algo que se deduce y, por lo tanto, son necesariamente incompletas. Algunos aconsejan que la política no puede decidirse sobre la base de una información incompleta. Pero la política *siempre* se decide sobre una información incompleta. El invierno nuclear ha llegado en la actualidad a unos niveles de totalidad y de exactitud, que es por lo menos comparable a aquellas sobre las que se efectúan muchas cosas vitales de las decisiones políticas mundiales reales. En las páginas que siguen, resumiremos las bases científicas del invierno nuclear, enf atizando los temas clave que se refieren a la interpretación e incertidumbre de la teoría; luego analizaremos las implicaciones de esta nueva comprensión de la guerra nuclear para un amplio abanico de sistemas de armas y políticas; y, finalmente, ofreceremos una serie de objeciones en política y estructura de fuerza para los gobiernos y alianzas en la naciente nueva era nuclear.

EL INCENDIO DE UNA CIUDAD

Aparte de la explosión, radiación y una pronta lluvia radiactiva, características todas de una guerra nuclear, las ciudades se incendian. Las consecuencias pueden resultar devastadoras (véase frontispicio). Una descripción clásica de un masivo incendio urbano aparece en los artículos de Jack London acerca de los acontecimientos que siguieron al terremoto de San Francisco de 1906, de un 8,2 en la escala de Richter (veinte veces más fuerte que el otro terremoto de San Francisco de 1989). Su primer artículo se publicó el 18 de abril de 1906, en un número del *Collier's Magazine.* A causa del derribo de lámparas y farolas y de la rotura de las conducciones principales del gas, los terremotos pueden incendiar las ciudades. (Las armas nucleares que estallan en el suelo o —una tendencia actual en el desarrollo del armamento— de forma subterránea, pueden también hacer arder una ciudad, aunque no tengan otros efectos aparte de la explosión.) Las partes inflamables del San Francisco de la época de Jack London, eran principalmente de madera. En las ciudades modernas existen concentraciones enormes de plásticos inflamables y otros productos sintéticos, todo lo cual produce un humo más oscuro.

El relato de London nos proporciona cierta distante visión de cómo podría ser una guerra nuclear. (Observen su descripción de la tormenta de fuego que impulsa finos restos hacia grandes altitudes.)

> El terremoto derribó, en San Francisco, muros y chimeneas por valor de centenares de miles de dólares. Pero la conflagración que siguió hizo arder propiedades por valor de centenares de millones de dólares.
>
> Al cabo de una hora de la sacudida del terremoto, el humo del incendio de San Francisco constituía una espeluznante torre visible a centenares de kilómetros de distancia. Y durante tres días con sus noches, esta espeluznante torre osciló en el cielo, enrojeciendo el Sol, oscureciendo el día y llenando el país de humo...
>
> El terremoto se produjo a las cinco y cuarto de la mañana del miércoles. Un minuto después ya se elevaban las llamas. Por delante de las llamas, a través de la noche, huyeron decenas de millares de seres sin hogar. Algunos iban envueltos en mantas. Otros llevaban bra-

zadas de ropa de cama y los tesoros más queridos de su hogar. A veces, toda una familia estaba uncida a un carruaje o a un carro de hacer repartos, cargados con todas sus posesiones. Cochecitos de bebé, carros de juguete y coches de silla se empleaban como carretones, mientras otras personas arrastraban un baúl...

... Caía una lluvia de cenizas. Habían desaparecido los vigilantes de las puertas. La Policía se había retirado. No había bomberos, ni bombas de incendio, ni hombres que empleasen dinamita. El distrito había quedado abandonado por completo. Me quedé en la esquina de Kearney y Market, en el auténtico corazón de San Francisco. La calle Kearney estaba desierta. A media docena de manzanas ardía por ambos lados. La calle era un muro de fuego, y contra este muro de llamas, silueteados con viveza, se hallaban dos jinetes de los Estados Unidos sentados en sus caballos, observándolo todo con calma. Aquello era todo. No se veía ninguna otra persona. En el intacto corazón de la ciudad, dos soldados de Caballería montaban sobre sus caballos y miraban.

... Aquí y allá a través del humo, que trepaba cautelosamente bajo las sombras de los muros que se tambaleaban, emergían de vez en cuando hombres y mujeres. Era algo parecido a la reunión de un puñado de supervivientes después del día del fin del mundo.

... Observé la vasta conflagración desde el otro lado de la bahía. Reinaba una calma mortal. No había ni un hálito de viento.

Sin embargo, por los lados, el viento se precipitaba sobre la ciudad. Al este, al oeste, al norte y al sur, fuertes vientos soplaban sobre la condenada ciudad. El caldeado aire que se alzaba formaba una enorme succión. Así, el incendio construía su propia y colosal chimenea a través de la atmósfera. Día y noche continuó esta mortífera calma, y, sin embargo, cerca de las llamas, el viento era a menudo casi un vendaval, hasta tal punto llegaba a ser potente la succión.

Jack London, «El terremoto de San Francisco», en Stuart Hirschberg, ed., *Patterns Across the Disciplines* (Nueva York: Macmillan, 1988), 86-90.

El año siguiente San Francisco vio la aparición de la peste, lo suficientemente grave para que el alcalde telegrafiara al Presidente en demanda de ayuda. Se echó la culpa a las con-

diciones muy poco sanitarias de los distritos de la ciudad que habían ardido.

Aquí, en el relato de un testigo presencial del gran incendio de Chicago, de octubre de 1871 —presuntamente a causa de la vaca de Mrs. O'Leary— encontramos otra descripción de una tormenta de fuego urbano:

> Todo el mundo estaba loco y todo era un puro infierno. La tierra y el cielo no eran más que fuego y llamas: la atmósfera era todo humo... Soplaba un auténtico huracán, y arrastraba sus furiosas oleadas con un chillido a través de calles y callejuelas entre los altos edificios, como si succionara a través de un tubo: grandes lienzos de llamas ondeaban en el aire. Las aceras ardían y el fuego corría a lo largo de ellas tan de prisa como pudiese andar un hombre. Los tejados se desprendían en grandes planchas y volaban por el cielo cual flechas incendiarias. Se veía fuego por todas partes, debajo de los pies, por encima de la cabeza, alrededor. Corría a lo largo de la yesca de los tejados, impulsaba ondeantes volutas de humo azul desde debajo de los aleros, aplastaba los cristales con un furioso crujido y proyectaba un torrente de rojos y negros; trepaba por la delicada tracería de las fachadas de los edificios, lamiendo con su lengua de serpiente trocitos de artesanía de madera: irrumpía a través de los tejados con crepitante impulso y hacía sobresalir señales de victoria de color rojo. Las llamas eran de todos los colores, de una rosa pálido, doradas, escarlata, carmesíes, de un ámbar color sangre. Las llamas avanzaban como un poderoso ejército.
>
> HUGH CLEVELY, *Famous Fires* (Nueva York: The John Day Company, 1957), 157.

Capítulo III

CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS ACERCA DEL INVIERNO NUCLEAR

Durante casi la mitad de mi existencia
he vivido en este planeta,
pero todavía no entiendo
la perversa belleza del átomo.
O la isla de Pascua del corazón.

Pero comprendo el invierno.

«Invierno nuclear», en Diane Ackerman, *Jaguar of Sweet Laughter: New and Selected Poems* (Nueva York: Random House, 1991).

La teoría del invierno nuclear, aparecida por primera vez en 1982, ha sido tema de controversia (ref. 3.1). El debate constituye algo común cuando se presentan nuevas ideas científicas, y resulta saludable. Sin embargo, la mayor parte de controversia acerca del invierno nuclear se ha generado de una manera artificial en la frontera donde se unen la ciencia y la política. Gran Parte de la misma se ha visto alimentada por la confusión entre los no especialistas respecto de ciertos hallazgos técnicos, y por las comparaciones de los diversos modelos de ordenadores que, sin suficiente atención, se han elegido para resolver, o incluso

para anotar, las diferencias en los puntos de vista iniciales. Entre los temas más perturbadores, cargados de connotaciones ideológicas, que ha suscitado la teoría del invierno nuclear, se encuentran las posibilidades de que una consecuencia importante de la guerra nuclear eluda los sistemas norteamericanos y soviéticos de armas nucleares durante treinta y siete años (ref. 3.2); que una «pequeña» guerra nuclear pueda tener, tal vez incluso a nivel global, catastróficas consecuencias climáticas; que las naciones distantes podrían estar en peligro, aunque sólo una pequeña arma nuclear fuese detonada en su suelo; que la represalia masiva e, igualmente, los intentos de un imponente primer golpe, en una variedad de estructuras políticas, sería desastrosa para las naciones que empleasen una política de esta clase (y para sus aliados), con independencia de la respuesta de su adversario; y que el tamaño y la naturaleza de los actuales arsenales nucleares, así como el papel central del armamento nuclear en las relaciones estratégicas de los Estados Unidos y de la Unión Soviética, no puede tratarse sólo de algo imprudente, sino constituir asimismo un error político sin precedentes en la historia humana.

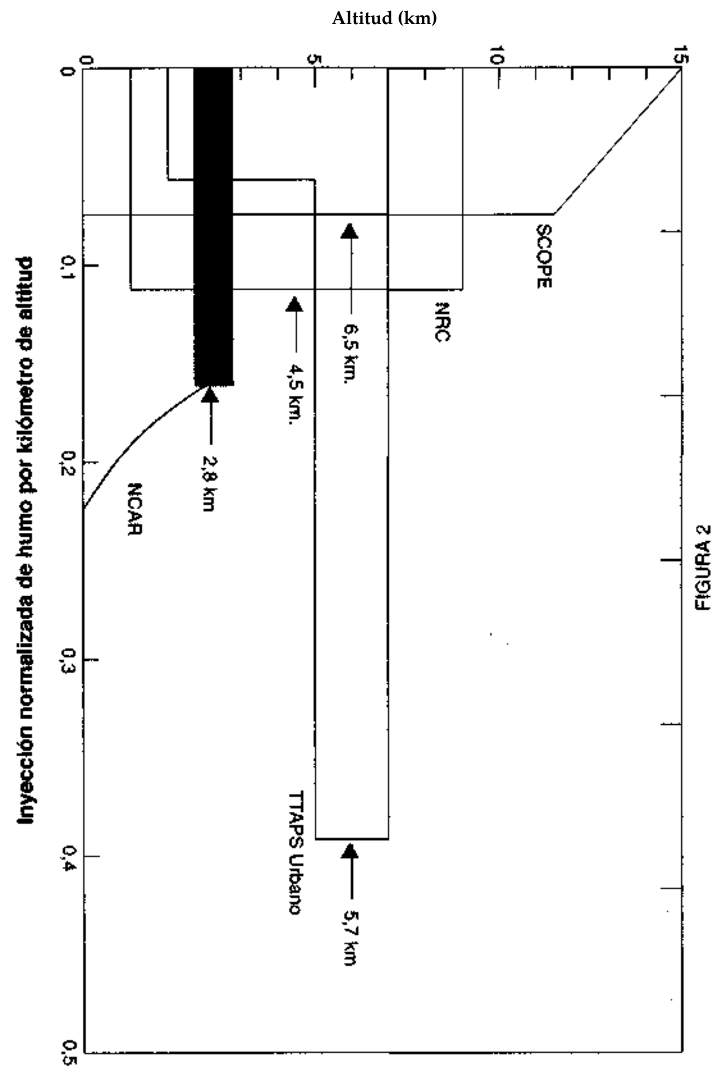
«Los funcionarios del Pentágono se hallan muy preocupados acerca del problema del invierno nuclear», escribió Thomas Powers a finales de 1984 (ref. 2.6),

> y por completo perplejos respecto de qué hacer al respecto. En conversaciones con funcionarios a un nivel informal, se recogen interesantes matices de reacción: una prudente esperanza de que «más estudios» podrán eliminar el problema del invierno nuclear, incomodidad por haberlo pasado por alto durante cerca de cuarenta años, resentimiento respecto de que todos los pacifistas y augures del juicio final hayan tenido razón durante todos estos años, aunque en realidad no lo supieran. Y, por encima de todo, uno se encuentra con un franco desaliento dado que el problema del invierno nuclear afecta a una política de defensa que se basa en las armas nucleares. Como seres humanos que son, los funcionarios probablemente confían en que las incertidumbres se desarrollen lo suficiente como para que justifiquen más estudios que nunca o, por lo menos, hasta la llegada de la próxima Administración.

El invierno nuclear parece desafiar una amplia gama de intereses y creencias muy bien establecidos. Como predijo Powers, algunos críticos han tratado de minimizar el significado del invierno nuclear o la urgencia de sus implicaciones políticas, alegando unas dudas irresolubles, o enfatizando los efectos menos graves (ref. 3.3). Discutiremos el hecho de que ninguno de estos dos enfoques es sostenible a la larga.

En los años transcurridos desde el estudio TTAPS original (ref. 2.2), las bases científicas de la teoría del invierno nuclear se han ido ampliando, refinando y reforzando. Científicos de Estados Unidos, la URSS, el Reino Unido, Alemania, Japón, China, Brasil, Nueva Zelanda, Canadá y Suecia, entre otras naciones, han publicado sus descubrimientos. Se han analizado datos procedentes de muchos campos y se han aplicado al problema. Han emergido ideas importantes acerca de problemas conexos en las ciencias atmosféricas, y todo ello a causa del invierno nuclear (ref. 3.4). Se ha obtenido un gran impulso alentado gracias a la rápida evolución de modelos de ordenadores tridimensionales, aplicados a la circulación general de la atmósfera de la Tierra; esos modelos se han demostrado más tarde importantes para los estudios del calentamiento invernadero (ref. 3.5). Sin embargo, el punto central permanece inmutable. Las predicciones climáticas, clave de la teoría original del invierno nuclear, han quedado por lo general confirmadas, y los impactos en la sociedad y en la especie humana continúan siendo en extremo graves a una escala global.

Las anteriores declaraciones se hallan en discordancia con algunos comentarios acerca del invierno nuclear que han aparecido en letra de imprenta (ref. 3.6). En ciencia, las críticas válidas se sopesan, y a través de las pruebas y del consentimiento general se integran con rapidez en una teoría, o conllevan a que se deshanque. Las críticas sin validez, llegado el momento, se rechazan, como ha sido el destino de muchas de las primeras críticas que se efectuaron al invierno nuclear. Así, por ejemplo, las críticas de que existe mucho menos que quemar en las ciudades y que un número dado de incendios libera más hollín de lo que TTAPS estimó, son válidas, por lo que los nuevos números se emplean ahora en los cálculos modernos. (Obsérvese que esos dos cambios tienen unas consecuencias que se equilibran entre sí.) Pero ha resultado inválida la crítica de que el gran predominio de humo sería muy pronto eliminado por las lluvias y,



en los cálculos modernos, la gran mayoría del humo persiste durante meses o años.

Un ejemplo de la distorsión de unos legítimos descubrimientos científicos consiste en la mala interpretación, tanto por parte de la comunidad científica como de la Prensa, de las

Perfiles de inyección de humo (cuánto humo se introduce y a qué altitud) empleados en cierto número de estudios de invierno nuclear. Los perfiles se miden en relación a una «unidad» de inyección de humo, expresado como una fracción de la cantidad total del humo inyectado por kilómetro (km) de altitud. Así, por ejemplo, para el perfil «Urbano TTAPS» un 38% se encuentra entre 5 y 6 km, otro 38% entre 6 y 7 km, y el resto entre 1 y 5 km. Para cada perfil se indica la altitud por encima y por debajo donde la mitad del humo es inyectado (centro). El perfil «NCAR» corresponde a la inyección entre 0 y 7 km con una mezcla uniforme a través de esta región de la atmosfera, tal *como* ha sido adoptado por Thompson y Schneider (ref. 3.8). Dado que el aire es más denso en la atmósfera inferior, dan por supuesto que la cantidad de humo debe de ser también mayor. Los perfiles «TTAPS» (ref. 2.2), «NCR» (ref. 3.10) y «SCOPE» (ref. 3.11), todos correspondientes a inyecciones a altitudes considerablemente más elevadas, como indican estudios detallados de penachos de humo en los incendios, es probable que se den en una guerra nuclear. Un estudio diferente [R. D. Small, *Ambio* 18 (1989), 337-383] indican un ámbito de perfiles de Inyección de humo para diferentes áreas de incendio e intensidades. Esos centros varían 2,3 a 6,7 km, consistentes con lo que se muestra en esta figura. En muchos casos, cantidades significativas de humo alcanzan la estratosfera, en algunos casos hasta 15-30 km de altitud, incluso sin el autoalzamiento (el recalentamiento del humo por la luz solar lo hace ascender a través del aire). La estratosfera comienza a unos 12 km (en realidad entre 8 y 15 km, dependiendo de la latitud, con las más elevadas altitudes estratosféricas en las latitudes más bajas).

simulaciones de «otoño nuclear» de nuestros colegas Starley Thompson y Stephen Schneider (ref. 3.8) en el Centro Nacional de Investigación Atmosférica. Se ha alegado que dichos cálculos de modelos de clima muestran un medio ambiente fundamentalmente nuevo como resultado de una guerra nuclear; sobre todo, que el descenso de la temperatura es mucho menos grave (unos 10°C), en vez de los 20 o 25°C de los resultados del TTAPS (ref. 2.2), y en algunos comentarios ha llegado a decirse que las conclusiones a las que se ha llegado casi hacen triviales los efectos climáticos de una guerra nuclear. A fin de cuentas, ¿a quién le preocupa el otoño?

En primer lugar, la diferencia entre 10 °C y 20 °C no es el asunto principal. Lo que importa es que cualquier tipo de temperatura descienda en unos cuantos grados. Esos valores son lo suficientemente próximos entre sí como para reforzarse mutuamente. En realidad, derivan de los mismos conceptos físicos. Ambos valores representan unos cambios climáticos extremos (véase figura 1). Y existe la auténtica sensación de que los cálculos de un «otoño» confirman la teoría del invierno nuclear.

Además, una cuidadosa comparación (ref. 3.9) entre los modelos de TTAPS y del «otoño» revela una coincidencia general en las predicciones más importantes, incluyendo la grave-

dad del descenso medio de la temperatura terrestre bajo unas amplias nubes de humo. Las diferencias señaladas se deben, en parte, a las diferentes *condiciones de comienzo.* Por ejemplo, en comparación con el TTAPS, el modelo de otoño da por supuesto que el humo generado por la guerra nuclear se sitúa a niveles de altitud inferiores y que se elimina con mucha mayor rapidez y eficiencia. La figura 2 compara algunos de los perfiles de inyección de humo empleados o recomendados para las valoraciones del invierno nuclear. El humo de «otoño» de Thompson y Schneider ha sido inyectado tan cerca de la superficie que coincide con los penachos de humo masivos conocidos por la física (refs. 3.10a3.11). Su supuesta inyección de humo a baja altitud y su altamente eficiente desaparición, hacen que la previsión de enfriamiento en la superficie es perceptiblemente mucho más benigna (refs. 2.2 y 3.8). Cuando el humo se inserta a unas alturas mucho más realistas, con unos tiempos de desaparición bastante más plausibles, el «otoño» comienza a enfriarse y convertirse en «invierno». El mismo Schneider habla en la actualidad de otoño nuclear como «derivando hacia invierno» (ref. 3.12).

En el Apéndice B se comparan los cálculos de varios científicos. Las variaciones básicas en el clima previstas por la teoría original del invierno nuclear han resistido las posteriores investigaciones, incluyendo las basadas en unos modelos significativamente más sofisticados (refs. 3.13 y 3.14). Análisis recientes de heladas, congelaciones, oscurecimientos del Sol y pérdidas de cosechas originados por el humo de los incendios (véase parte recuadrada al final del capítulo) y los aerosoles volcánicos (véase más adelante), apoyan la teoría. Una nueva valoración moderna de la teoría del invierno nuclear aparece en la referencia 3.14. Se han publicado resúmenes de expertos en el campo por el Comité Científico de Problemas del Medio ambiente (SCOPE), del Consejo Internacional de Uniones Científicas (ref. 3.11), por la Organización Meteorológica Mundial (ref. 3.15) y por las Naciones Unidas (ref. 3.16).

Una de las maneras de calibrar la gravedad del enfriamiento medio global previsto por el invierno nuclear, consiste en compararlo con el lento calentamiento atribuido al creciente efecto invernadero. La década de los años 1980 ha sido testigo, en promedio global, de los cinco años más cálidos en relación a los 130 precedentes (ref. 3.17). Unos cuantos investigadores han

propuesto que esos años, y especialmente el sofocante verano de 1988, nos han proporcionado la primera y clara demostración del incremento del efecto invernadero. Al empezar los años 1990, el incremento de la temperatura global, desde el ini-cio de la revolución industrial, se estima en 0,5°C. Se trata de un promedio a nivel planetario, sin tener en cuenta latitudes, esta-

ones y hora del día. Parece pequeño, pero puede tener profundas consecuencias a nivel local. Constituye el promedio más elevado en temperaturas globales de los últimos 120.000 años (refs. 3.17 Y figura 1). Se trata de una forma de medir el significado de unos descensos en las temperaturas de 10 a 25°C previsto según las líneas básicas del invierno nuclear: el invierno nuclear constituye de 20 a 50 veces los cambios máximos de temperatura atribuidos hasta ahora al aumento del efecto invernadero, que constituye —y así debe ser— una grave preocupación (ref. 3.18). Y los cambios climáticos derivados del invierno nuclear se producirían mil veces más de prisa.

En este libro no alegaremos que un tipo dado de guerra nuclear acarrearía de manera inevitable un cierto grado de invierno nuclear; las dudas irreductibles acarreadas son demasiado grandes para ello. Lo que sí alegaremos será que las consecuencias más probables de varias clases de guerra nuclear constituyen unas catástrofes climáticas y del medio ambiente mucho peores que lo peor que ha encontrado nuestra especie hasta la actualidad, y que constituiría una prudente política nacional el tratar el invierno nuclear como un resultado probable de la guerra nuclear.

INVIERNO NUCLEAR: HISTORIA PRIMITIVA Y PREHISTORIA

Paul Crutzen y John Birks realizaron sus primeras estimaciones de las grandes cantidades de humo generados por los incendios de la guerra nuclear, y fueron los primeros en observar que, sobre grandes regiones, el humo podía oscurecer al Sol y perturbar la atmósfera («En penumbra al mediodía: la atmósfera después de una guerra nuclear», publicada en *Ambio,* una revista de la Academia de Ciencias sueca, volumen 11, 1982, 114-121).

Señalamos de manera especial los efectos de los nu-

> merosos incendios que entrarían en ignición debido a los millares de explosiones nucleares en las ciudades, los bosques, los campos agrícolas y en los yacimientos de petróleo y de gas. Como resultado de estos incendios, la atmósfera se cargaría de partículas con fuerte absorción de la luz... que se incrementarían tanto que, al mediodía, la radiación solar en el suelo quedaría reducida por lo menos en un factor dos y, posiblemente, en un factor superior a cien.

Aunque Crutzen y Birks mencionaran la posibilidad de incendios en las ciudades, sus cálculos se restringieron a los incendios forestales y a los incendios en las instalaciones de gas y de petróleo, y no realizaron estimaciones (ni siquiera mencionaron) los descensos de temperatura resultantes del humo. El equipo TTAPS introdujo el término y el concepto de «invierno nuclear», que implicaba oscurecimiento, enfriamiento, aumento de la radiactividad, contaminación tóxica y disminución del ozono (ref. 2.2, aparecido en *Science,* una publicación de la Asociación para el Avance de las Ciencias estadounidense), y fueron los primeros en calcular la magnitud y duración del enfriamiento superficial (realizado para 50 situaciones diferentes, que cubrían muchos aspectos de las dudas en el carácter de la guerra nuclear, así como dentro de unos parámetros completamente desconocidos). Un breve y primer anuncio de los descubrimientos del invierno nuclear apareció asimismo en 1982 en la publicación de la Unión Geofísica de Estados Unidos, *EOS,* volumen 63, 1018, como «Consecuencias globales de la guerra nuclear», por R.P. Turco, O.B. Toon, J.B. Pollack y C. Sagan. Dice en uno de sus puntos:

> Hemos llevado a cabo una gran variedad de estudios de sensibilidad para definir un abanico de posibles resultados en un intercambio nuclear a gran escala. En algunos casos, hemos pronosticado efectos de larga duración que son pequeños en comparación con la destrucción nuclear primaria debida a la explosión, pulsación térmica y lluvias radiactivas locales. Sin embargo, un número significativo de casos muestran unos efectos potencialmente devastadores a nivel global. En dichos ejemplos, una combinación de tensiones originadas por graves perturbaciones climáticas (enfriamientos superficiales de 10°C o más), dosis de radiación de decenas de rem e incrementos de hasta diez veces en las expo-

siciones a la radiación solar ultravioleta-B, junto con la extensión de carencias alimentarias y de agua potable, epidemias, heridas graves y falta de suministros e instalaciones médicas, todo lo cual acumulándose, extenderían la muerte entre los humanos y provocarían la posible extinción de numerosas especies terrestres y marinas.

Las diversas corrientes de investigación, cuya confluencia llevó a los descubrimientos de TTAPS, se resumen en el Apéndice C.

Por analogía con las explosiones volcánicas, hace ya mucho tiempo que se ha sospechado que el polvo de numerosas explosiones nucleares simultáneas puede afectar al clima (por ejemplo, L. Machta y D. L. Harris, «Efectos de las explosiones atómicas sobre el clima», *Science,* 121, 75-80, 1955). Como testigo ante el Congreso, el bien conocido científico John von Neumann estimó que el polvo alzado por explosiones en el suelo de 100 multimegatones podría «hacer regresar las condiciones del último período glacial», tras un intervalo de diez o veinte años («Salud y problemas de seguridad y efectos en el tiempo asociados con explosiones atómicas», Sesiones, Comité conjunto sobre Energía atómica, Congreso de Estados Unidos, 15 de abril de 1955 [Washington, U. S. Government Printing Office, 1955]). La magnitud, la duración y el transcurso de los efectos fueron todos grandemente sobreestimados por Von Neumann, y la importancia central del humo se pasó por alto. Pero se trataba de una analogía, no de un cálculo. De todos modos, considerando la importancia de la fuente, resulta sorprendente que su opinión fuera muy pronto casi olvidada o ignorada por completo.

Desde el descubrimiento del fenómeno del invierno nuclear, hemos intentado rastrear sus precursores más alejados. La primera premonición de un invierno nuclear que hemos encontrado en obras de no ficción la constituyó un documento de Ben Hur Wilson, un maestro de una escuela superior de Joliet, Illinois («Comportamiento de la atmósfera bajo la disrupción atómica», *Popular Astronomy* 57 [7], 1949, especialmente págs. 320-322). Wilson previo «el más profundo efecto [climático]» tras una guerra nuclear importante, «la desaparición de la energía radiante solar al descender a través de la atmósfera cargada de grandes nubes de humo y de polvo alzado hacia arriba por las corrientes ascendentes. A medida que dichas nubes derivasen alrededor del mundo, su interferencia podría llegar a ser considerable». Tanto el

humo como el polvo debidos a una guerra nuclear fueron an-

ticipados por Paul R. Ehrlich como causas del descenso de las temperaturas y de la destrucción de la agricultura por lo menos a la escala de las secuelas de una explosión volcánica importante (Ehrlich, «Control de población o Elección de Honson», en L.R. Taylor, ed., *The Optimum Population for Britain* [London Academic Press, 1970], 154; véase también T. Stonier, *Nuclear Disaster* [Cleveland: World Publishing, 1964], que menciona sólo el polvo. En «la maldición», un relato corto de 1947 de Arthur C. Clarke, se describe el cielo como «fuertemente oscurecido», tras una guerra nuclear [reimpreso en la obra de Clarke, *Reason for tomorrow* Nueva York, Ballantine, 1956]).

La primera sugerencia del invierno nuclear en la ciencia ficción parece corresponder a Cari W. Spohr, en su «La guerra final», publicada en varias entregas en *Wonder Stories,* en 1932, es decir, mucho antes de Hiroshima y Nagasaki. Las armas nucleares estratégicas se impondrían a un extenso pero poroso sistema defensivo SDI (*) (exactamente lo que ocurriría en el mundo real de hoy), y, tras las explosiones nucleares resultantes, «el mundo quedó tragado en una oscuridad rugiente y negra... Nubes de polvo ensuciaron todo el mundo».

Ni Wilson ni Spohr parecen haber observado el grave descenso en las temperaturas que implicarían dichas nubes. Un excelente examen de la guerra nuclear en relatos de ciencia ficción aparecidos antes de 1945 es la obra de H. Bruce Franklin, *War stars: The Superweapon and the American ima-gination* (Nueva York: Oxford University Press, 1989).

La primera obra de ciencia ficción, que combina el armamento nuclear, el hollín en el aire y los catastróficos descensos en la temperatura es «Torch», de Christopher Anvil *(Analog Science Fact/Science Fiction,* abril de 1957, 41-50). El petróleo subterráneo se incendia al parecer a través de la prueba de una ojiva nuclear que penetra en la tierra; el incendio se extiende subsuperficialmente y emite grandes cantidades de fino hollín hacia la atmósfera. Luego, las nubes se extienden:

> Se ha informado de temperaturas de centenares de grados bajo cero... No sabemos cuándo esas finas partículas se sedimentarán. Las partículas más pesadas de un diámetro relativamente grande se sedimentarán, a menos que unas fuertes corrientes las hagan elevarse de nuevo, y producir luego auténticos aguaceros de hollín. Pero las partículas más pequeñas permanecerán en lo

> alto del aire y formarán una cortina contra la radiación solar. Presumiblemente, llegado el momento también caerán, pero, mientras, es como si desplazásemos el Círculo Polar Ártico hasta unos 55 grados de latitud.

Obsérvese la siguiente especulación, en un libro acerca de la guerra nuclear por Bertrand Russell; éste rumia acerca de los sabios de la isla aérea de Laputa, en *Los viajes de Gulliver,* de Jonathan Swift:

> Los filósofos de Laputa reducen a las provincias rebeldes a la obediencia proyectando la sombra sobre su isla para sumergir a los rebeldes en una noche perpetua. Puede resultar factible, antes de no demasiado tiempo, lograr que algunas grandes regiones enemigas puedan recibir una lluvia excesiva o muy escasa o que la temperatura se hiciera descender hasta un punto donde ya no serían factibles las cosechas.

RUSSELL, *Common sense and nuclear warfare* (Londres: George Allen & Unwin, 1959), 17.

(*) Strategic Defense Iniciative = Iniciativa de Defensa Estratégica (Guerra de las Galaxias)

GRANDES INCENDIOS, POLVO MARCIANO E INVIERNO NUCLEAR

Un incendio forestal importante, aterrador por sí mismo, puede también generar vastas cantidades de humo negro y, si el humo persiste en altitud, se da un fenómeno muy parecido al invierno nuclear. He aquí una relación de un testigo ocular de un gran incendio forestal:

> Ciudades enteras han debido ser evacuadas: las carreteras estaban atestadas de refugiados cegados e histéricos. Los hospitales se hallaban llenos de hombres y mujeres que sufrían de ceguera a causa del fuego y de quemaduras. Sirviendo en las líneas del incendio, los bomberos se esforzaban con pocas esperanzas. Las cortezas ardientes, transportadas a largas distancias, causaban de continuo nuevos fuegos que, a su vez, causa-

> ban más conflagraciones. Un palio de humo negro cubría centenares de kilómetros de paisaje, reduciendo la visibilidad a escasos metros.

Harry Wexler, que luego fue director de la Oficina Meteorológica de Estados Unidos, notificó que el palio de humo de los incendios forestales de Alberta, Canadá, en 1950, hizo descender brevemente las temperaturas superficiales en Washington, D.C., de 4 a 5°C. En Ontario, a más de 1.000 km. de los incendios, estaba tan oscuro a mediodía como a medianoche. El humo era por completo visible, con el ojo desnudo, en toda Europa occidental, desde Escandinavia a Portugal. N.N. Veltishchev, A.S. Ginsburg y G. S. Golitsin, del Instituto de Física Atmosférica de la Academia de Ciencias de la URSS, descubrieron registros meteorológicos que revelan similares descensos de temperatura a continuación de los grandes incendios forestales siberianos de agosto de 1951. Toda la Siberia central se vio envuelta en humo, y en algunas zonas el día se convirtió en noche y se detectó una conducta fuera de lo corriente entre los animales salvajes; por ejemplo, «osos y lobos aparecieron cerca de Krasnoiarsk». El humo de los grandes incendios forestales ha sido rastreado por satélites, que consiguieron imágenes a 5.000 km de su fuente. Alan Robock, de la Universidad de Maryland, ha analizado los registros meteorológicos por satélite de los incendios forestales en Canadá, China, California y Wyoming, y ha encontrado enfriamientos de hasta 20°C por debajo del humo. Los incendios de China, de mayo de 1987, redujeron las temperaturas a la luz del día, en Alaska, de 2 a 6°C, dadas las propiedades experimentalmente determinadas del humo de los incendios forestales, y la altura observada y el grosor óptico de las capas de humos, todas esas respuestas de temperatura observadas coinciden con los modelos de invierno nuclear existentes, aunque la absorción por el humo en tales casos es menos que la esperada en el invierno nuclear, y por lo tanto los descensos de temperatura son, por lo general, también menores. Robbock describe esos hallazgos al proporcionar «una confirmación observacional de una parte de la teoría del invierno nuclear».

Asimismo, los científicos del Departamento de Física de la Universidad Ahmadu Bello, en Zaria, Nigeria, hallaron que un denso aerosol sahariano, transportado por el viento har-mattán de baja altitud, originó marcados descensos de temperatura, de hasta 6°C el día de Navidad de 1977. G. S. Golitsin y A. K. Shukurov, en un análisis de más de 50 tormentas

de polvo, en Tadzhikistán, URSS, han averiguado que las temperaturas superficiales durante las horas de día, bajo las nubes de polvo, descendieron incluso hasta de 10 a 12°C.

Los modelos climáticos empleados en los estudios del invierno nuclear, han quedado comprobados con éxito al predecir el frío y la oscuridad producidos por los detritos atmosféricos producidos por las enormes explosiones volcánicas, así como la estructura atmosférica y la superficie climática de Marte y Venus, mundos muy diferentes al nuestro propio. Existen también datos más directamente relevantes respecto del invierno nuclear a partir de observaciones de otros planetas: las observaciones de la sonda *Viking*, indican descensos en las temperaturas medias de varios grados durante unas globales tormentas de polvo en Marte; dado que el efecto invernadero, en Marte, proporciona sólo de 5 a 10°C de calentamiento, incluso unas muy densas tormentas de polvo no pueden proporcionar allí un gran enfriamiento antiinvernadero. El hecho de que las temperaturas superficiales marcianas desciendan mientras que las temperaturas atmosféricas aumentan durante una tormenta global de polvo en Marte, fue observado, en 1971, por el *Mariner 9* estadounidense, el primer navio espacial que ha orbitado otro planeta. Esto ayudó, a través de una serie de pasos lentos e indirectos, a llegar al descubrimiento del invierno nuclear, tal y como se describe en el Apéndice C.

Los modelos tridimensionales de circulación general de la atmósfera de la Tierra, empleados en los estudios del invierno nuclear, han tenido asimismo éxito al reproducir climas regionales no familiares —como la existencia de lagos en el Sahara—, deducidos a través de registros geológicos que cubren los últimos 18.000 años (ref. 3.19).

Capítulo IV
EL CALDERO DE LAS BRUJAS

GAS VENENOSO, LLUVIA RADIACTIVA, LUZ ULTRAVIOLETA

Este aire terrestre... está terriblemente infectado con las miserias sin nombre de los innúmerosos mortales que han muerto exhalándolo.

HERMÁN MELVILLE, *Moby Dick* (1851), capítulo XXVII.

Los principales y más ampliamente discutidos aspectos del invierno nuclear son el frío y la oscuridad. Pero, cuando introdujimos el término, pretendimos que abarcase otras consecuencias muy serias a largo plazo de la guerra nuclear, de las cuales identificamos tres: la producción de pesadas nubes de gases tóxicos, que penden sobre el suelo, liberadas durante la destrucción de las ciudades modernas; la distribución a nivel mundial de lluvias radiactivas, ligada a algunas de las mismas finas partículas que bloquean la luz solar; y el perjuicio de la capa de ozono protectora que, por lo general, impide el paso de la luz solar ultravioleta hasta la superficie de la Tierra. La física de cada una de esas catástrofes secundarias está relacionada con la maquinaria del invierno nuclear. Por ejemplo, estudios

recientes muestran que el calentamiento de las nubes por parte de la luz solar, a alturas elevadas, del hollín y del polvo actúa para hacer disminuir la capa de ozono; las consecuencias prin-cipales se revelan después de que las partículas oscurecedoras se hayan desprendido de la atmósfera, pero antes de que la capa de ozono haya tenido tiempo de regenerarse por sí misma. Resulta valioso observar —al igual que el frío y la oscuridad del invierno nuclear— que esos tres efectos fueron pasados por alto o minimizados por todos los establecimientos militares del mundo.

Pirotoxinas: venenos producidos por los incendios

Cuando leemos que unas personas han muerto en el incendio de un rascacielos, se nos dice que han sido «abatidos por el humo». En realidad, en la mayor parte de los casos, murieron, como los soldados de Ypres, Bélgica, en 1915, por gases venenosos (ref. 4.1).

El traje de lana de un hombre, cuando arde por completo, emite el suficiente cianuro como para matar a siete personas (ref. 4.2). El aspecto más peligroso de los incendios en los edificios modernos es la producción de densas y mortales pirotoxinas (voz griega que significa «venenos del fuego»). El fuego genera una gran variedad de componentes tóxicos que van desde los gases simples, como el monóxido de carbono (CO), el cianuro de hidrógeno (HCNB) y el cloruro de hidrógeno (HCl), hasta otros venenos ligeramente más exóticos, como la acroleí-na $C_3 H_4 O$ y el cloruro de vinilo ($C_2H_3 Cl$). Estos compuestos se producen sobre todo a partir de los materiales sintéticos que se emplean cada vez más en la construcción y en el amueblado interior, en particular por el extendido uso de toda clase de Plásticos y fibras sintéticas. El Zyklón B, el agente activo en las cámaras de gas de los campos de exterminio nazis, era el nombre de marca de un polvo cristalino que generaba cianuro de hidrógeno (ref. 4.3). (El HCN aún se considera una forma conveniente y de acción rápida para la ejecución de los condenados a muerte.) Otros materiales corrientes estructurales —el aislamiento por ejemplo— pueden ser ricos en componentes orgáni-

cos, como el formaldehído. Tales gases, cuando se liberan en la atmósfera, reaccionan y forman una pesada niebla potencial-mente letal, que cuelga sobre el suelo, procedente de los depósitos de almacenamiento, o durante las combustiones sin llama y a baja temperatura.

Muchos productos químicos tienen un amplio empleo —como, por ejemplo, los bifenilos policlorados (PCB) y los bencenos clorados, empleados como aislantes en los transformadores eléctricos—, que no son tóxicos por sí mismos, pero que generan cuando arden unos componentes incluso más peligrosos. Por ejemplo, al arder, los fluidos de los transformadores crean dibenzofuranos policlorados y dioxinas. Aunque los exactos efectos toxicológicos de esos compuestos no son seguros, las dioxinas y furanos se considera que se hallan entre los compuestos orgánicos conocidos más peligrosos. El «Agente Naranja» —empleado por Estados Unidos para «defoliar» el Vietnam, y objeto de numerosos pleitos por veteranos inválidos estadounidenses y australianos (y sus herederos) contra sus gobiernos— es una dioxina. La producción de dichos gases a través de los desechos de las ciudades modernas, invierno nuclear aparte, se ha convertido en un asunto de cada día desde el descubrimiento de que los incineradores de basuras fabrican dioxinas (ref. 4.4).

En una guerra nuclear, las fuentes de tales materias tóxicas se extenderían ampliamente. Los incendios en masa de las áreas urbanas introducirían cantidades sin precedentes de piro-toxinas en la atmósfera (ref. 4.5). Las zonas industriales sometidas al impacto nuclear y a los incendios, liberarían la mayor parte de sus almacenamientos de productos químicos exóticos en el aire que las rodea, en la tierra y en el agua. El accidente de la fábrica de pesticidas de la «Union Carbide», en Bhopal, India, del 3 de diciembre de 1984, liberó en la atmósfera una cantidad relativamente pequeña de isocianato de metilo; resultaron muertas millares de personas y centenares de miles quedaron heridas (véase ref. 6.2). Esas catástrofes ilustran los potenciales horrores de un no previsto asesinato químico en masa, como un efecto secundario, inadecuadamente estudiado, de una guerra nuclear.

Algunos peligrosos productos químicos —que incluyen cloro, amoníaco, etileno, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, benceno y xilenos— se producen y se almacenan en

grandes cantidades, que pueden llegar a alcanzar millones de toneladas. Si esas tinas y tanques se rompen o destruyen a causa de una cercana explosión nuclear, las nubes tóxicas liberadas abrirían peligrosas sendas venenosas a través del paisaje. En muchas de las refinerías de petróleo, enormes cantidades de azufre recuperadas a través de los combustibles procesados, nuedarían expuestas a la directa ignición a causa de unos estallidos nucleares próximos; la combustión del azufre crearía un velo de ácido sulfúrico que envenenaría el aire y acidificaría las nubes y las lluvias mucho más allá de las refinerías.

Las explosiones nucleares sobre las zonas urbanas generarían asimismo una extensa mortaja de mortales fibras de asbesto por la pulverización de los edificios que hace ya mucho tiempo que fueron aislados gracias a esa sustancia. Las finas fibras de asbesto se esparcirían sobre extensas áreas, exponiendo a las muchedumbres a la perspectiva, a largo plazo, de un meso-telioma canceroso mortal. Las pirotoxinas serían un riesgo muy importante para la población que huyese de las ciudades y para todas aquellas urbes sobre las que soplase el viento, instalaciones petrolíferas y depósitos de productos químicos, por lo menos mientras —y esto podría durar una semana o más— los incendios ardieran en combustión sin llama (ref. 4.6). El medio ambiente local —el suelo y el agua, incluyendo los vulnerables sistemas de estuario— podrían quedar envenenados durante períodos de tiempo considerablemente más largos a través de los derrames y escapes concurrentes, así como por la deposición de productos químicos industriales.

Lluvia radiactiva

La detonación de un arma nuclear cerca de la superficie de la Tierra provoca enormes cantidades de polvo que se alzan ha-cia la atmósfera y dan lugar a una mortífera lluvia radiactiva. La fisión nuclear del plutonio (y del uranio), el proceso que desencadena todas las explosiones nucleares, crea docenas de inestables núcleos atómicos que se desintegran durante períodos de horas o de años hasta alcanzar formas más estables. En

el acto de la desintegración, los núcleos inestables liberan radiación alfa, beta y gamma. Y de éstos, los rayos gamma —una forma de luz muy energética pero invisible— son los más peligrosos. Cabe decir que los rayos gamma pueden atravesar más de 30 cm de hormigón, de 30 a 60 cm de polvo o casi un metro de agua. Proceden de dos fuentes principales: los rayos gamma «inmediatos» emitidos durante la misma explosión y los «diferidos» emitidos en la desintegración radiactiva de los elementos químicos residuales e inestables sintetizados durante la misma. Esa primera cantidad de rayos gamma irradia sobre toda la región ya sometida a una intensa radiación térmica (calorífica) y a los efectos demoledores de la explosión. Por esta razón, sus efectos letales son, comparativamente, poco importantes. Los muertos están muertos, y no importa si han muerto a causa del derrumbamiento de edificios o se han quemado hasta morir, y al mismo tiempo los han quemado los rayos gamma.

Sin embargo, los rayos gamma diferidos son emitidos por los detritos que transportan los vientos a centenares o millares de kilómetros desde el lugar de la explosión antes de caer o llover desde el aire. Los elementos radiactivos implicados tienden a condensarse en partículas de polvo. En la bola de fuego que se alza desde el suelo en una explosión nuclear en tierra («explosión en el suelo»), la íntima mezcla de partículas superficiales barrida por la bola de fuego con los generados por nuevos elementos radiactivos, elimina la mayor parte de la radiactividad del aire y la concentra en el polvo. Desde aquí, la radiactividad se distribuye por amplias áreas mientras las partículas de polvo se sedimentan a favor del viento respecto del lugar de detonación, creando una lluvia radiactiva de largo radio de acción. Gradualmente, la intensidad de la radiactividad decae mientras se van produciendo las lluvias radiactivas; la intensidad decrecerá diez veces por cada siete veces de incremento en el tiempo. (Por lo tanto, habrá una décima parte de la radiactividad después de una semana, de la que había después de un día; sólo una décima parte de esto después de 7 semanas; otro 50% ha desaparecido al cabo de 7 x 7 = 49 semanas; etc.)

Los primeros cálculos de bajas debidas a la lluvia radiactiva en una guerra nuclear se basaron en explosiones de armas antes del Tratado de Limitación de Pruebas Nucleares de 1963. Los arsenales en aquellos días estaban previstos para explosiones muy potentes, que lanzaban las nubes de lluvia radiactiva hasta61

la estratosfera. Desde aquí, costaba meses o años que se precisaran, y para cuando la lluvia radiactiva alcanzaba el suelo, gran parte (pero no toda) de la peligrosa radiactividad se había desvanecido. Desde entonces, las superpotencias han reducido el nivel medio de radiactividad de sus armas estratégicas. Irónicamente, esto significa que una parte menor de la radiactividad llega hasta la estratosfera y la mayor parte sólo es transportada a la troposfera superior (justo por debajo de la estratosfera), antes de que la mayor parte de la radiactividad haya tenido tiempo de desintegrarse hasta niveles más seguros. Durante muchos años, los cálculos de la lluvia radiactiva, tras una guerra nuclear, se basaban en arsenales anacrónicos. El resultado fue que la prevista (y ampliamente advertida) carga de lluvia radiactiva mundial ascendió, más o menos, a una décima parte del valor actual. Al rastrear, en modelos teóricos, la distribución y escalas de tiempo para las lluvias radiactivas aplazadas, el estudio del invierno nuclear ha realizado una importante contribución a fin de corregir este error.

Las estimaciones actualmente vigentes son que la primera lluvia radiactiva de un intercambio estratégico nuclear soviéti-co-estadounidense mataría a unos 50 millones de personas. Aunque dichas estimaciones son altamente inseguras, existe cierto número de razones para creer que son demasiado conservadoras. Las víctimas que no resultan muertas directamente por la radiactividad tienden a sucumbir a enfermedades secundarias que se presentan porque la radiación compromete al sistema inmunitario humano. Asimismo, se halla bien documentado que los individuos que sufren quemaduras o heridas traumáticas son mucho más susceptibles a la muerte a causa de exposición radiactiva. Además, la exposición a largo y medio plazo a bajos niveles de radiactividad —desde la radiación gamma externa, hasta los materiales radiactivos inhalados e ingeridos con los alimentos y el agua— pueden inducir enfermedades letales mucho después de la guerra. En conjunto, creemos que el numero total de bajas a causa de los efectos de la radiactividad de todas clases a continuación de una guerra nuclear importante, Podría aproximarse a los 300 millones (ref. 5.9).

Habría asimismo otras fuentes de radiactividad en un mundo devastado nuclearmente, además de la lluvia radiactiva. Las explosiones, cerca de muchos probables blancos estratégicos y tácticos, liberaría una radiactividad adicional en el medio am-

biente. Tales blancos incluyen las refinerías de plutonio y uranio, plantas de montaje de armas nucleares e instalaciones de almacenamiento, reactores nucleares militares de potencia (especialmente en buques) y reactores nucleares de plantas eléctricas civiles. Una enorme cantidad de material radiactivo —con más radiactividad que la contenida en todas las armas nucleares del mundo— se guarda en la actualidad en lugares muy vulnerables y en sitios subterráneos someros muy cerca de potenciales blancos nucleares. La creación de amplias fajas de paisaje yermo radiactivo —con el suelo y el agua envenenados durante centenares o miles de años— constituye una auténtica perspectiva, dada el actual despliegue de armas nucleares e instalaciones de producción eléctrica nuclear.

Una visión del potencial desastre radiactivo que puede albergar la guerra nuclear, nos lo proporciona el accidente de Chernobil, el 26 de abril de 1986, de lejos el peor accidente nuclear ocurrido hasta ahora. La total liberación de radiactividad fue, *grosso modo,* equivalente a la producida por una explosión nuclear de fisión de 0,01 kilotones. Es decir, una milésima parte de la bomba de Hiroshima y una milmillonésima de la total potencia explosiva de los arsenales nucleares del mundo, que se evalúa en tal vez diez millones de kilotones de energía. Las armas termonucleares producen menos productos de fisión que las armas de fusión, por lo que los arsenales a nivel mundial representan tal vez el 10 % de la radiactividad de mil millones de Chernobils. ¿Y cuáles son los efectos de una milmillonésima parte respecto de una completa guerra nuclear? En la planta eléctrica en sí, y en la consiguiente limpieza, murieron unas 250 personas expuestas a altos niveles de radiactividad. La ciudad de Prípiat, cerca del reactor de Chernobil, fue evacuada casi de inmediato, y lo mismo ocurrió después con otros pueblos. Una nube radiactiva se desplazó desde la ubicación de Chernobil en la Ucrania soviética a través de la mayor parte de Europa. En algunas zonas, la radiactividad de la nube fue intensa, y la precipitación hizo llegar hasta el suelo peligrosos niveles de lluvia radiactiva. En Finlandia y Suecia, algunos rebaños de renos quedaron gravemente contaminados. En toda Europa, algunos alimentos se echaron a perder y el pánico y la confusión llevaron a la destrucción de una cantidad mucho mayor de alimentos. La nube de Chernobil fue incluso detectada sobre la parte occidental de Estados Unidos, aunque, para entonces, se había

diluido ya tanto que resultaba un peligro insignificante para la salud. La limpieza del lugar y la protección de las comunidades de alrededor, originó un sobreesfuerzo para la defensa civil y de las instalaciones de urgencia de toda la Unión Soviética y costó unos diez mil millones de rublos. Algunas áreas de cierta extensión quedaron inhabitables hasta un futuro indefinido. Apenas podemos llegar a imaginarnos lo que una plena guerra nuclear, el equivalente a cien millones de Chernobils, aportaría únicamente en radiactividad.

No obstante, la radiactividad procedente de una guerra nuclear es improbable que llegue a matar a todos los habitantes de la Tierra, tal y como se describió por Nevil Shute en su obra *On the beach* y por la apasionante película del mismo título. Pero podría matar a cierto porcentaje de la población global y convertir a muchos otros en muy vulnerables a la enfermedad, el hambre y otras consecuencias secundarias del invierno nuclear. Las perspectivas de escasas bajas a causa de la lluvia radiactiva, y las instrucciones oficiales a la ciudadanía para que excave agujeros, los protejan con puertas y tierra y se escondan debajo, en el caso de un ataque nuclear (ref. 4.7), tuvo el efecto de apaciguar a los ciudadanos de una democracia que, de otro modo, podrían haber presentado objeciones a la política gubernamental.

Disminución del ozono estratosférico a causa de una guerra nuclear

La atmósfera contiene una frágil capa de ozono, esencial Para casi toda la vida de nuestro planeta. Al parecer, se formó hace mil o dos mil millones de años, cuando el oxígeno liberado Por la reciente evolución en aquellos momentos del proceso de fotosíntesis de las plantas verdes, empezó a acumularse en la antigua atmósfera. Una molécula de ozono es una forma de oxígeno (0_3), distinta de la molécula ordinaria de oxígeno (0_2) que nosotros respiramos. Esta variación —tres átomos de oxígeno en vez de dos— constituye toda la diferencia del mundo para nosotros. El ozono absorbe de manera eficiente los mortíferos

rayos ultravioleta del Sol que se precipitan en unas longitudes de onda comprendidas entre 250 y 300 nanómetros (un nanómetro es la milmillonésima de un metro). El oxígeno ordinario resulta transparente a esas longitudes de onda. Por lo general, el ozono se encuentra en la estratosfera, que se extienda aproximadamente, a unas altitudes de 15 a 50 km. La capa de ozono estratosférica —u ozonosfera— envuelve nuestro Globo con un escudo protector. Sin embargo, este escudo es en extremo vulnerable. Si todo el ozono de la estratosfera se comprimiera en un gas a la presión de la atmósfera al nivel del mar, la capa no sería más gruesa que la punta de un lapicero. De manera providencial, la capa de ozono está dispersa en la alta atmósfera, a salvo por completo de los entrometidos humanos. O, por lo menos, ése era el caso hasta hora.

Nuestra tecnología ha ideado la fabricación de nuevas sustancias, desconocidas en la Naturaleza, y que pueden rastrear el ozono que se encuentra en la atmósfera y destruirlo. La invención y el uso generalizado de los clorofluorocarbonos (CFC) nos ha llevado al umbral de una significativa disminución global del ozono, y ha desencadenado la formación de un profundo «agujero» en el ozono, por encima del continente antartico. Naturalmente, los CFC son unos compuestos muy útiles y práctieos para la refrigeración, el aire acondicionado, disolventes limpiadores y como propelente de los botes difusores de aerosoles (esprays), así como para muchísimas cosas más. Sin em bargo, la Naturaleza nunca había fabricado tales compuestos y, cerca del suelo, no puede desprenderse de ellos con rapidez. Pero existe un medio. Llegado el momento, los CFC son llevados hacia arriba por las corrientes de aire, hasta alcanzar la atmósfera media donde empieza a espesarse la capa de ozono Aquí, la intensa radiación solar ultravioleta puede descomponer los CFC en sus constituyentes elementales, el más impor' tante de los cuales es el cloro, que en la actualidad se ha identificado como el principal responsable del ataque a la capa de ozono.

En 1974, Sherwood Rowland y Mario Molina —ambos de la Universidad Irvine, de California—, emitieron la hipótesis que el cloro liberado durante la descomposición de los CFC po dría atacar la capa de ozono. Esta teoría es muy compleja en sus detalles, pero, en lo esencial, se ha visto confirmada por quince años de intensa investigación científica, y en la actualidad

es por completo aceptada por la comunidad científica. En reconocimiento de este consenso científico, 33 naciones firmaron, en 1988, el decisivo Protocolo de Montreal que limita la producción y el empleo de algunos CFC. Aunque el Protocolo original no incluye todas las moléculas responsables, y limita su producción de una forma poco tajante, representa, de todos modos, un importante precedente. Constituye el primer acuerdo internacional que restringe un compuesto químico —y la industria asociada al mismo— a causa de que plantea un peligro para el medio ambiente general. Es concebible que otros ilustrados procesos político-científicos, llegarán en su momento a incluir otros asuntos que afecten el medio ambiente global, incluyendo el calentamiento del efecto invernadero y el invierno nuclear.

El ozono se forma cuando la luz solar ultravioleta descompone la molécula de oxígeno (0_2) en sus átomos de oxígeno constituyentes, cada uno de ellos simbolizado por la letra O. Un 0 más un 0_2 se unen para formar el 0_3. El ozono se destruye de manera natural a través de una serie de reacciones, algunas de las más importantes de las cuales incluyen ciertas pequeñas cantidades de compuestos de hidrógeno, nitrógeno y cloro. Así, el ozono es continuamente producido y destruido. En un momento dado, la capa global de ozono alcanza una especie de estado estable, un equilibrio entre la síntesis y la pérdida de ozono. Si se añaden a la atmósfera compuestos adicionales que destruyan el ozono —por ejemplo, los CFC—, el equilibrio del ozono se desplazará hacia una cantidad total inferior de la masa de ozono. De este modo, el más delgado escudo protector del ozono permite que penetre hasta el suelo una cantidad mayor de la dañina luz solar ultravioleta (con longitudes de onda de unos 290 a 330 nanómetros, la llamada radiación UV-B).

Si con el tiempo se eliminan de la atmósfera los compuestos que ejercen la función de corroer el ozono —por ejemplo, limitando el empleo de todos los CFC y las materias relacionadas con los mismos), el equilibrio del ozono volverá poco a poco a su nivel natural. En otras palabras, la disminución del ozono persistirá en tanto que se hallen presentes los compuestos que originan esa disminución, pero se recupera si se elimina el contaminante. Por desgracia, algunos de los clorofluorocarbonos más comentes poseen una vida media de unos 100 años una vez han sido emitidos a la atmósfera. Los CFC liberados duran-

te las últimas décadas del siglo xx constituyen un legado am. biental para las próximas cuatro o más generaciones humanas y eso sin mencionar a los demás residentes en nuestro planeta (Véase asimismo ref. 6.3, más adelante.)

He aquí la idea tradicional de cómo el armamento nuclear afecta la capa de ozono: si el rendimiento (energía explosiva del arma) excede de los 200 kilotones, la bola de fuego ascendente alcanza la estratosfera. La bola de fuego está lo suficientemente caliente como para incendiar el aire, extrayendo del nitrógeno (N_2) del aire, óxidos de nitrógeno que podemos simbolizar como NOx, donde x puede incluir una gran variedad de números. El NOx se deposita a una altura muy grande, donde ataca y hace disminuir el ozono estratosférico. Por ello, la reciente tendencia de Estados Unidos a reactivar las armas de alto rendimiento (ref. 4.8), en lo que se refiere a la disminución del ozono constituye un paso en una dirección errónea.

Pero, en la guerra nuclear, la atmósfera podría llegar a verse tan perturbada que necesitamos modificar nuestra forma normal de pensar acerca de la capa de ozono. Para ayudar a un nuevo enfoque de nuestra comprensión al respecto, varios grupos de investigación han construido modelos que describren cómo se encontraría la capa de ozono después de una guerra nuclear. El trabajo principal lo llevaron a cabo los equipos de investigación del Centro Nacional para la Investigación Atmosférica y del Laboratorio Nacional de Los Álamos (ref. 4.9). Ambos han descubierto la existencia de un mecanismo adicional a través del cual la guerra nuclear amenaza la capa de ozono. Al inyectarse cantidades masivas de humo en la atmósfera inferior, a causa de los incendios provocados por una guerra nuclear, el invierno nuclear se apoderaría no sólo de la superficie de la Tierra, sino también de la alta capa de ozono. Las gravemente perturbadas corrientes de aire originadas por el calentamiento solar del humo, en unas cuantas semanas, barrerían la mayor parte de la capa de ozono desde la mitad de la latitud norte hacia muy al interior del Hemisferio Sur. La reducción de la capa de ozono contenida en el Norte alcanzaría durante esta fase una devastación del 50 % o superior. A medida que transcurriese el tiempo, la disminución del ozono se harían aún más grave debido a varios efectos: inyección de grandes cantidades de óxidos de nitrógeno y moléculas portadoras de cloro, junto con las nubes de humo; el calentamiento de la capa de ozono

originado por la aparición de aire caliente lleno de humo (a medida que el aire se calienta, la cantidad de ozono disminuye), y por la descomposición del ozono directamente por la acción de las partículas de humo (las partículas de carbono se usan a veces cerca del suelo para limpiar el ambiente de ozono).

Ninguno de dichos factores se han tomado en consideración en los nuevos cálculos. La eventual disminución de la capa de ozono en el Hemisferio Norte a continuación de una guerra nuclear podría llegar al 70 %; es decir, sólo quedaría un 30 % del ozono actual. En el Hemisferio Sur, donde vive menos del 15% de la población humana, el contenido de ozono podría, inicial-mente, *incrementarse,* en un 30 % o más, a causa de la llegada del ozono del Hemisferio Norte. Más tarde tendría lugar alguna disminución, aunque, por lo general, cabe decir que son más bien desconocidos los niveles de preguerra. Los riesgos resultantes debidos a los rayos ultravioleta son muy graves, y entre ellos se incluiría una aumentada incidencia del cáncer de piel, especialmente entre las personas de tez clara; cataratas y un posterior ataque sobre el sistema inmunitario humano. Naturalmente, esos efectos se restringirían a *todos* aquellos que estuviesen al aire libre; pero, al día siguiente de una guerra nuclear, una gran cantidad de supervivientes no tendría *más* remedio que salir al exterior. Con mucho, la consecuencia más grave de la mencionada importante disminución de la capa de ozono, no podría de dejar de aplicarse a todo el mundo, tanto a los que permaneciesen encerrados como al aire libre, pues todos deberían comer.

La disminución del ozono amenaza las cadenas alimentarias de las que depende casi toda la vida en la Tierra. En los océanos, existen diminutas plantas microscópicas, llamadas fitoplancton, que son en extremo vulnerables a los aumentos de la luz ultravioleta; y, de forma directa o indirecta, esto afecta a otros anímales de la cadena alimentaria marina —incluyendo a los humanos— que se alimentan de ella. Las plantas terrestres, incluyendo las cosechas, también son vulnerables al aumento de la luz ultravioleta, como les ocurre asimismo a la mayoría de los microbios, incluyendo a aquellos que resultan esenciales para la cadena alimentaria. (Las lámparas ultravioleta se emplearon en un tiempo en los quirófanos de los hospitales para matar los microorganismos capaces de originar enfermedades en potencia.) Seguimos en una suma ignorancia

respecto de las interacciones ecológicas globales, para comprender en toda su extensión qué consecuencias biológicas se propagarían si se diese el caso de un ataque a la capa de ozono (refs. 4.10, 6.3). Pero no hace falta conocer muy bien las cosas para comprender que si se rompe la base de la cadena alimen taria, se generaría un desastre entre los seres que se tambalean precariamente cerca de la cima. La recuperación del escudo de ozono llevaría, probablemente, varios años. Pero, para entonces, ya se habría producido un daño enorme.

La aparición de nuestros antepasados en la Tierra tuvo que aguardar a la formación de la capa de ozono, pues la vida, en las primeras épocas resultaba demasiado peligrosa sin la protección ofrecida por el agua del mar y por las partículas orgánicas que flotaban respecto de la cauterizante luz solar ultravioleta. Y en la actualidad, parece evidente que la guerra nuclear, por lo menos en parte, nos haría regresar a aquellas condiciones de un medio ambiente primordial.

A causa de su efecto global sobre la capa de ozono, la guerra nuclear produciría un agujero en la capa de ozono que abarcaría todo un hemisferio. En la parte inferior de este agujero, la intensidad de la radiación ultravioleta alcanzaría niveles mortíferos para numerosos organismos, niveles que plantearían unos problemas ecológicos sumamente graves para los humanos y otros seres vivos.

Más allá del frío y de la oscuridad, el invierno nuclear comprende asimismo pirotoxinas, lluvia radiactiva y una intensa luz solar ultravioleta, un caldero de brujas de letales efectos en su asalto a la vida en la Tierra. Y un tema casi por completo inexplorado es la concatenación, o «sinergismo» de efectos. ¿Qué puede sucederles a las cosechas y a los ecosistemas naturales si se ven sometidos, de manera simultánea, a una disminución de la luz solar ordinaria, a unos sustanciales descensos de temperatura, a dosis de pirotoxinas, a lluvias radiactivas y luego, más tarde, a una intensa radiación ultravioleta? La respuesta es que nadie lo sabe. Y lo que es peor, que nadie intenta averiguarlo (ref. 4.11).

La mayor parte del debate público se ha centrado en unos cuantos temas muy específicos y efectivos suscitados por el invierno nuclear: ¿resulta posible la extinción de la especie humana tras una guerra nuclear? ¿Existe algún tipo de umbral para

el invierno nuclear? ¿Implicaría el invierno nuclear que un desarmante» primer golpe (sobre las fuerzas de represalia del adversario con base en tierra) conduciría a un suicidio climático para la nación agresora? Nosotros hemos ayudado al planteamiento de dichas cuestiones. Pero, al enfocar la discusión sobre tales dramáticos aspectos, hemos topado con que el amplio significado del invierno nuclear ha quedado más bien entre sombras en las discusiones de dicho tipo. Sin embargo, esos asuntos específicos resultan esenciales. Por lo tanto, nos ocuparemos de ellos antes de seguir adelante con más asuntos.

INCENDIOS Y HUMO: EXPERIMENTOS PARA SIMULAR EL INVIERNO NUCLEAR

Es imposible reproducir de una manera experimental un auténtico invierno nuclear, a cualquier escala, al igual que la guerra nuclear en sí. Sin embargo, muchos de los principios físicos fundamentales en los que se basa la teoría del invierno nuclear *pueden comprobarse* experimentalmente. Con *este* objeto, cierto número de incendios, en diferentes escalas, se han propuesto con el nombre de invierno nuclear. En algunos se tuvo más éxito que en otros. Un químico y su estudiante licenciado de la Universidad de Colorado, por ejemplo, idearon una técnica muy ingeniosa para estudiar la reacción química entre el ozono (como en la capa de ozono de la estratosfera) y las partículas de hollín del humo (como ocurre en el incendio de las ciudades). ¿Puede reaccionar el ozono con el hollín y disipar la sábana negra de humo del invierno nuclear? Sus aparatos parecía que los habían montado con piezas sobrantes y con un *hardware* de desecho y ocupaban un pequeño espacio en un rincón de un atestado laboratorio. En contraste, un equipo de investigadores, de un prestigioso laboratorio de investigaciones del Este, construyó un aparato elaborado, reluciente y de alta tecnología, para medir el mismo efecto. Pero, tras muchos años de trabajo, decepcionante-mente fracasó en conseguir unos resultados aprovechables. El experimento de la Universidad de Colorado (sin ninguna ayuda financiera directa de agencias federales), demostró con claridad que la reacción ozono-hollín es demasiado lenta Para poder mitigar los efectos del invierno nuclear, como algunos habían confiado que consiguiera.

En otros laboratorios se quemaron toda clase de materiales (madera, plásticos, líquidos combustibles) para analizar el humo que generaban. Como cabía esperar, se propusieron cierto número de experimentos muy raros y elaborados, aunque, en realidad, sólo unos cuantos se llevaron a cabo. Un ingeniero joven y particularmente enérgico y persuasivo, empleado por una importante firma aeroespacial, se las ingenió para gastar casi un cuarto de millón de dólares (del gobierno y dinero de su compañía) para fabricar lo que podría calificarse como el más caro refrigerador de cerveza del mundo: un gran depósito de metal conectado a una unidad de refrigeración en la que se llevasen a término los experimentos con el humo. Pero no pudo realizarse ninguna clase de experimentos, puesto que el concepto básico del diseño demostró tener toda clase de defectos.

Sin embargo, y a gran distancia, los más espectaculares experimentos del invierno nuclear, en los que se hallaban implicados grandes incendios de bosques muertos, fueron los realizados por los Servicios Forestales de Canadá y Estados Unidos. Uno de nosotros (R. T.) fue testigo del primero de tales experimentos en la provincia canadiense de Ontario, cerca de la adormilada pequeña ciudad de Chapleau, en el mes de agosto del año 1985.

Aunque este incendio exploratorio se pretendió que se realizara sin publicidad, la Prensa se enteró del asunto e invadió la ciudad.

En medio de helicópteros que hacían de lanzadera y conferencias de Prensa, se quemaron unas 800 ha de árboles muertos, en una conflagración en masa que impulsó humo unos 6 km en el interior de la atmósfera, con lo cual se creó una sábana de humo que se extendió a más de *100* km a impulsos del viento y consiguió tapar Chapleau con una especie de deprimente mortaja gris que echó a perder por completo un fin de semana, por lo demás placentero, del verano canadiense.

El penacho del incendio dominó por completo el paisaje local y atrajo a muchos observadores para mirar la gran nube en forma de seta.

Durante los siguientes años, se repitió varias veces el experimento de Chapleau, con la adición de numerosos instrumentos para obtener datos de interés. Se emplearon láseres para sondear el humo.

Científicos intrépidos realizaron valientes vuelos dando bandazos a través de la columna de fuego y en medio de las oscuras y turbulentas nubes, y todo ello para tratar de averi-

guar la verdad acerca del invierno nuclear. Los conocimientos logrados quedan reflejados en este libro.

Mientras intentaba aprender más cosas acerca del invierno nuclear, la comunidad científica descubrió también más cosas respecto del medio ambiente.

En un sorprendente hallazgo, un equipo de investigadores de la Universidad de Washington averiguó que los incendios de la maleza de las colinas que rodean Los Angeles había liberado a la atmósfera cantidades insólitamente importantes de óxidos de nitrógeno y de clorofluorocarbonos, al parecer a través de una nueva suspensión de los contaminantes del aire que se habían depositado, a lo largo de meses o años, sobre la vegetación y el suelo.

Esto puede resultar asimismo cierto para muchas zonas urbanas que resultasen incendiadas a causa de una guerra nuclear. Dichos gases, especialmente los CFC, podrían llegar a hacer aún más delgada la capa de ozono.

Capítulo V

¿EXTINCIÓN?

En la eterna oscuridad, en el fuego, en el hielo.

DANTE ALIGHIERI, *La divina comedia,* Infierno, canto I, línea 87.

Hasta la paciente Tierra, convertida en seca y estéril, se despoja de todo su herbaje en un invierno final, y los dioses vuelven sus ojos a una muy distante y brillante constelación.

GEORGE SANTAYANA, «Odas», en *The Complete Poems of George Santayana,* William C. Holzberger, ed. (Lewisburg, Pa: Bucknell University Press. 1979), III parte, líneas 65-68.

¿Qué es lo peor que podría hacer una guerra nuclear? Nuestra tecnología —aunque capaz de una enorme devastación— es por completo incapaz de alterar la órbita de la Tierra, cambiar la inclinación del eje de rotación, hacer hervir los océanos o volar el planeta. Ni siquiera al hacer estallar 60.000 armas nucleares simultáneamente se podría hacer nada de todo eso. Parece altamente improbable que, incluso de manera intencionada, llegásemos a destruir toda la vida en la Tierra. Existen insectos resistentes y hierbas que aguantan la radiación nuclear y saben cómo cerrar la tienda, incluso en un invierno muy prolongado,

fin de seguir más tarde con sus actividades. Existen gusanos submarinos que residen en cavidades cálidas del suelo oceánico, y que viven sus existencias alterando el estado de oxidación del azufre, impertérritos a lo que el frío y la oscuridad, las pirotoxinas y la radiactividad y la luz ultravioleta puedan hacer para acechar a sus primos lejanos encima de la superficie de la Tierra.

Existe tanta vida en la Tierra, hay adaptaciones tan diversas, que no podemos destruirla toda. Poco consuelo para nosotros, porque se halla dentro de nuestros poderes el destruir la civilización global, a otras especies y tal vez a nosotros mismos. Cada día convertimos en extintas a especies que viven en la Tierra, sin recurrir a la guerra nuclear. La extinción de muchas más especies es posible tras una guerra nuclear. Y para nosotros, comprensiblemente, resulta una cuestión importante si podemos también extinguir a los *humanos.*

Cabe afirmar que la mayoría de las especies que han existido en la Tierra, se encuentran extintas en la actualidad. No hay un inquilinato garantizado para ninguna especie de este planeta, ni siquiera para la que se juzga particularmente inteligente (*).

La Historia de la Tierra ha quedado marcada por acontecimientos de extinción en masa, episódicos y al parecer indiscriminados. Por ejemplo, en la catástrofe pérmica, hace 245 millones de años, desaparecieron más del 75% de todos los géneros (*genera,* plural de *genus),* y más del 90% de todas las especies de la Tierra. En la posterior catástrofe cretácica, hace unos 65 millones de años, desaparecieron el 50% de los géneros y el 75% de las especies. En otro suceso del Eoceno, hace unos 35 millones de años, se extinguieron el 16% de los géneros marinos (ref. 5-1). Cierto número, aunque no por completo, de todas esas catastróficas extinciones parecen haberse debido a colisiones a alta velocidad con la Tierra de mundos del tamaño de montanas caídos desde el espacio. No está determinado por completo Que tales colisiones causaran extinciones, pero el punto de vista Prevaleciente es que se trata de algo parecido al invierno nu-

clear (véase recuadro «Invierno de impacto»).

¿Puede una guerra nuclear acarrear como resultado la extinción de la especie humana? Desde el verdadero inicio de la

(*) El nombre científico que nos hemos dado es *Homo sapiens,* por habernos definido como pertenecientes al género *Homo* y a la especie *sa-piens-* Significa «Hombre sabio», y es algo a lo que deberíamos aspirar.

era nuclear, hubo aquellos que temieron que habíamos colocado nuestra especie en riesgo (véase recuadro), y los que criticaron semejantes miedos como «tonterías» (ref. 5.2), o algo peor. Tal vez la causa radique en que muchos especialistas en guerra nuclear viven en la zona blanca Norte, a mediana latitud y, por ello, la mera mención de la posible extinción de la especie humana a veces suscita su irritación: saben que ellos y un gran número de sus connacionales podrían con gran probabilidad, resultar muertos en el primer intercambio. La extinción no incrementa su propio riesgo o el de sus seres queridos. Pero el hablar acerca de ello puede interpretarse, por lo menos, como una precavida crítica de la política actual. Si se toma en serio la posibilidad de extinción, resulta difícil seguir con nuestro trabajo de todos los días, en especial cuando nuestro trabajo tiene algo que ver —si se mira desde este punto de vista— con la ejecución de la extinción:

Creo que tanto los Estados Unidos como la OTAN son reacios a enfrentarse con la *posibilidad* de que cien o doscientos millones de personas... morirían a causa de los efectos inmediatos, aunque no se incluyan los efectos a largo plazo... [Pero] si ocurriera [la guerra nuclear] y ello implicase explícitamente el aniquilamiento de toda la Humanidad, sería algo también del todo inmoral; uno duda si esto puede constituir durante mucho tiempo una parte importante de la política de los Estados Unidos (ref. 5.3).

Tras la exhibición, en 1984, de *Threads* (ref. 13.18), la dramatización por la televisión «BBC» de la guerra nuclear y del invierno nuclear, cierto número de publicaciones periódicas argumentaron que —aunque el programa tuviese fuerza y fuese conmovedor o brillante —, los estadounidenses estaban ya saturados de descripciones de este tipo. En realidad, en la historia de la televisión norteamericana, hubo hasta aquel momento sólo un puñado de tales obras. No ha costado mucho saturar a los críticos. Y cuánto más cerca de este punto de saturación del horror deben de estar los estrategas y los eventuales practicantes de la guerra nuclear. Para muchos de ellos, por lo menos emocionalmente, el invierno nuclear no cambia nada en absoluto (ref. 5.4).

De todos modos, no es mucho pedir a nuestros dirigentes

que no planteen una amenaza a la especie humana. Personas de concepciones políticas muy diferentes creen que existe una vasta diferencia entre matar, por ejemplo, a las nueve décimas partes de la especie humana y matar a todo el mundo. Naturalmente que existe. De haber supervivientes, hay alguna probabilidad de regeneración de la población humana. La extinción significa que ya nunca más habrá humanos. Confesamos nuestra dificultad para entender por qué la perspectiva de matar a todo el mundo pudiera alzar más protestas contra las políticas gubernamentales que la perspectiva de matar a casi todos; no obstante, la incrementada protesta (y el examen público) es lo que algunos analistas temen del invierno nuclear y ha estado, en nuestra opinión, detrás de algunos medios de comunicación y de la fijación política sobre la extinción nuclear (ref. 5.5).

La gente se concentra en grandes ciudades, por lo que matarlas se ha convertido en algo fácil en la era nuclear (ref. 5.6). Pero la gente también vive en pueblos y en el campo. Ésa es la razón de que matar a una cuarta parte de la población de una nación a través de los efectos directos (o «instantáneos») de las armas nucleares sea mucho más sencillo que, por ejemplo, matar a la mitad o a las tres cuartas partes. Y aquí es donde interviene el invierno nuclear. El invierno nuclear es una forma para las armas nucleares de encontrar y matar a todos aquellos que viven alejados de las ciudades.

Ciertamente, las estimaciones de bajas de los efectos inmediatos de una guerra nuclear son apabullantes: el protocolo de guerra nuclear estadounidense (Plan único integrado operacional, STOP), de la cosecha de 1960, podría haber destruido todas las ciudades de la Unión Soviética y de China, con unas bajas directas estimadas en unos 400 millones (ref. 5.7). El Memorándum de resumen para el presidente núm. 10 (18 de febrero de 1977) estimó en unos 250 millones las bajas en un intercambio central entre Estados Unidos y la URSS. Desde entonces, las estaciones de los peligros de la lluvia radiactiva deben ser revimos, para tomar en cuenta la subestimación en más de diez veces de las dosis de lluvia radiactiva en las publicaciones oficiales, y las consecuencias de los ataques sobre las instalaciones de combustibles nucleares tanto civiles como comerciales; las bajas globales por sólo la radiactividad se estiman en la actualidad entre80 y 290 millones (refs. 5.9, 5.10), con unas cifras, en [a] opinión, probablemente más altas. Así, varios centena-

res de millones de bajas instantáneas pueden tener lugar en un intercambio nuclear a gran escala, y hasta mil millones de personas más si los centros urbanos o las instalaciones de combustible nuclear, a nivel mundial, son un blanco fuertemente castigado (ref. 5.11); aparte de ello, las bajas a largo plazo —especialmente con las malas cosechas relacionadas con un invierno nuclear y la resultante malnutrición y hambre—, pueden hacer subir todo el conjunto a varios miles de millones (ref. 3.11). Muchos otros morirían del colapso de la sociedad (carencia de médicos, hospitales y medicinas, por ejemplo), la extensión de las enfermedades y (después) la incrementada radiación ultravioleta. Bajo éstas, tal vez pesimistas, estimaciones la suma de las bajas inmediatas y a largo plazo, se aproxima a la total población humana de más de 5 mil millones. Un tema clave, del que hablamos más adelante, es la supervivencia en las latitudes medias en el Hemisferio Sur. Con la base tecnológica en ruinas de la civilización global, tras una guerra nuclear, cabe ponerla en duda. Ocurriría, en palabras de Andréi Sajarov, «la aparición de un salvaje e incontrolable odio hacia los científicos y los "intelectuales", aparición de supersticiones, un feroz nacionalismo y la destrucción de las bases materiales y de información de la civilización»; ello llevaría a una nueva «era bárbara» (ref. 5.12).

La destrucción de la civilización global es muy diferente, sin embargo, de la extinción de la especie humana. No obstante, los múltiples sobreesfuerzos de los sistemas biológicos, y las probables interacciones (sinergismos) entre esos sobreesfuerzos, llegaría a alterar fundamentalmente las relaciones ecológicas de las que dependen los humanos. Considerando el panorama de un invierno nuclear, en el extremo más grave del espectro de posibilidades, un distinguido grupo de ecologistas y biólogos argumentan que de todo ello seguirían extinciones en masa de especies —sobre todo, pero no exclusivamente, en las latitudes tropicales y subtropicales, donde existen pocas adaptaciones al frío (ref. 5.13). Concluyen:

> Sin embargo, parece improbable que, incluso en esas circunstancias, el *Homo sapiens* se vea forzado a la extinción inmediata. Pero queda abierta a la interrogación cuánta gente sería capaz de persistir durante mucho tiempo ante las altamente modificadas comunidades biológi-

cas; climas nuevos; elevados niveles de radiación; ruptura de los sistemas agrícolas, sociales y económicos, extraordinarios sobreesfuerzos psicológicos y una gran cantidad de otras dificultades;

El informe SCOPE (ref. 3.11), el más amplio análisis de las implicaciones biológicas del invierno nuclear, no habla de una forma explícita de la extinción humana, pero indica que las muertes de varios miles de millones de personas, sobre todo de hambre, resulta posible en las secuelas climáticas de una guerra nuclear a gran escala. Esto se añadiría a las estimadas bajas inmediatas de muchos centenares de millones, al grave estrés postraumático por parte de los supervivientes (ref. 5.14), y a un amplio abanico de los sinergismos aún no descubiertos entre las consecuencias adversas individuales del medio ambiente. Pequeños grupos de supervivientes, serían particularmente vulnerables a las accidentales fluctuaciones desfavorables en el medio ambiente físico o biológico (ref. 5.15). La conclusión sigue siendo la misma: la extinción humana no debe quedar de ninguna forma excluida (ref. 5.16).

Pero el tema resulta de tanta complejidad y es tan ajeno a nuestra experiencia, que se halla más allá de nuestra actual habilidad para predecir de una manera fiable. Simplemente, no lo sabemos.

Ciertamente, la guerra nuclear ya fue considerada una cosa muy seria incluso antes del descubrimiento del invierno nuclear, a pesar de la ausencia de cualquier creíble demostración de que la extinción fuese posible (ref. 5.17). En realidad y en resumen, el invierno nuclear no hace más que subrayar el extremo peligro de una guerra nuclear. Pero resulta seguramente incorrecto inferir, como algunos han hecho, que si el invierno nuclear no garantiza la extinción de la especie humana, no tiene implicaciones políticas ni influencias en la disuasión de la guerra nuclear.

En lo que ahora sigue consideraremos el amplio alcance de la gravedad del invierno nuclear teniendo en cuenta las leyes de la física. Ni damos por segura ni excluimos la extinción de la especie humana.

IMPACTO INVIERNO

El polvo en el aire suspendido
marca el lugar donde la historia acaba.

T. S. ELIOT, «Little Gidding», II, *Four Quartets.*

Grandes cantidades del metal raro iridio (raro en la Tierra, pero mucho más común en los pequeños mundos cercanos), fueron encontradas en ciertos estratos delgados de los registros ecológicos, por el equipo de padre e hijo, Luis y Walter Álvarez, y sus colaboradores. Fue la primera prueba real de que las extinciones en masa de la mayor parte de las especies vivientes durante el Cretácico, fueron causadas por el impacto de un asteroide o del núcleo de un cometa. (Se extrajo una conclusión similar respecto de las extinciones del Eoceno.) El mecanismo aludido, sugerido en este primer trabajo, radica en la generación por el impacto de una vasta nube de finas partículas que enfriaron y oscurecieron la Tierra, una cosa muy análoga al invierno nuclear. A partir de la cantidad de iridio en los estratos, se llega a la conclusión de que el cuerpo impactante tenía un diámetro de 10 km, una montaña caída del cielo. Los geólogos describen el abrupto cambio en los registros de las rocas de este estrato como una cosa que marca el final del período cretácico y el principio de la Era Terciaria, hace 65 millones de años. Los primeros cálculos detallados del enfriamiento y oscurecimiento del Cretácico fueron realizados por O. B. Toon, J. B. Pollack, T. P. Ackerman, C. P. McKay y R. P. Turco. Este acontecimiento cataclísmico —que al parecer hizo salir del teatro del mundo a los dinosaurios y posibilitó la rápida evolución de los mamíferos y el origen de la especie humana—, resulta, naturalmente, de gran interés para nosotros.

El estudio de Toon, Pollack y otros estimó cuánta cantidad de fino polvo se inyectó debido al impacto, cómo pudo distribuirse en altitud y alrededor de la Tierra, qué cantidad de luz solar quedaría bloqueada y cuánto descenderían las temperaturas de la Tierra. Demostró ser otro paso hacia el descubrimiento del invierno nuclear (véase Apéndice C). La masa de aerosoles lanzada hacia lo alto por el impacto cretácico fue de mil a diez mil veces mayor que lo que ocurriría en

una guerra nuclear, pero su efecto climático pudo no haber sido significativamente algo peor. Dado que el hollín es mucho más oscuro que el polvo, el invierno nuclear posee un desproporcionado impacto climático. Asimismo, los efectos del invierno nuclear tienden a ser más duraderos. Cuando el firmamento posee una gran densidad de partículas de polvo, originadas en un impacto semejante, colisionan, se coagulan y caen con mucha mayor rapidez.

Posteriores estudios de los sedimentos geológicos que marcan el final del Cretácico, apuntan a una enorme cantidad de partículas de hollín generada, aproximadamente, al mismo tiempo que el impacto gigante, tal vez debido al incendio posterior, a nivel mundial, de la vegetación mustia a causa del calor de la colisión. Subsiguientes trabajos sugieren que «un único incendio global», desencadenado por el impacto, comenzó «antes de que las cosas proyectadas se sedimentasen», por ejemplo, al cabo de unos cuantos años. Un cálculo sugiere que la radiación debida a las partículas del impacto, que arderían al precipitarse de nuevo sobre la Tierra, fue 100 veces más brillante que el Sol, «equivalente a un horno doméstico colocado en la posición máxima de "carne asada" durante horas, más que suficiente para producir la ignición de unos grandes incendios a nivel mundial. El hollín resultante es mucho más que suficiente para sumergir la Tierra en la más profunda oscuridad, más allá del punto de congelación; es decir, unos efectos mucho más graves que el invierno nuclear más serio posible. Como en un invierno nuclear, se produciría un descenso masivo de la capa de ozono, después de que el polvo y el hollín se precipitasen al suelo, algunos años después. No habría en este caso lluvia radiactiva, pero —a diferencia del invierno nuclear—, sí lluvias acidas concentradas y un posterior y muy importante recalentamiento del efecto invernadero (a consecuencia, como sugieren las evidencias, de que la mayor parte de la vegetación de la Tierra se incendiaría de manera total y que los sedimentos de carbonatos liberarían dióxido de carbono a causa del impacto).

Resulta difícil de comprender cómo tan profundos cambios en el medio ambiente hubieran podido evitar el provocar la extinción de muchas especies. Pero no todos los paleontólogos están convencidos de que el impacto —que no discuten que ocurriera— fuese la causa *principal* de las extinciones de fines del Cretácico, en el que los dinosaurios y un 75% de las especies vivientes quedaron destruidas. Debemos enfatizar que si los dinosaurios se extinguieron a través

de otra causa que no fuese los aerosoles oscurecedores y el incremento de la luz solar ultravioleta, no por ello habría que poner en tela de juicio el argumento del invierno nuclear, aunque, si los aerosoles fueron la causa, en dicho caso los sucesos del Cretácico-Terciario pueden arrojar cierta luz sobre el invierno nuclear.

La idea de cuerpos extraterrestres que se precipitasen sobre la Tierra (o realizasen un paso cercano), y que hubieran sido el motivo de la catástrofe terminal del Cretácico, había sido discutida mucho antes de los descubrimientos de los Álvarez y sus colaboradores. En 1973, el galardonado con el premio Nobel, Harold Urey, escribió: «Parece posible, e incluso probable, que la colisión de un cometa con la Tierra derruyera a los dinosaurios e iniciara la división terciara de las épocas geológicas.» En 1978, los astrónomos Fred Hoyle y Chandra Wickramasinghe, imaginaron una colisión de la Tierra con un cometa, con las finas y brillantes partículas procedentes de la nube que rodea el núcleo del cometa penetrando en la atmósfera de la Tierra. Si la masa total de dichas partículas fuese de hasta 100 megatoneladas (100 millones de toneladas), y si las partículas fueran más eficientes en absorber y esparcir la luz en la zona visible que en la infrarroja, en ese caso, llegaron correctamente a la conclusión de que se produciría una significativa atenuación de la luz solar, aunque la superficie de la Tierra fuese aún capaz de enfriarse por sí misma irradiando al espacio. Hasta hace muy poco ignorábamos este papel tan importante. Ésta es la primera mención en la bibliografía científica, por lo menos que sepamos, del antiefecto invernadero (llamado por Hoyle y Wickramasinghe efecto invernadero «inverso»). Propusieron que semejante colisión podría —al caer las temperaturas y disminuir la luz solar para la fotosíntesis— haber producido extinciones en masa, aunque las partículas no tardasen más de un año en precipitarse desde la atmósfera de la Tierra, aunque su informe de investigación no trata de la guerra nuclear y ni siquera la menciona, anticipa con claridad gran parte de las argumentaciones de Álvarez y colaboradores y de Toon, Pollack y otros sobre la explicación del «impacto invierno» respecto de las extinciones de finales del Cretácico, hace 65 millones de años, todos ello mucho antes de tener al alcance de la mano las evidencias directas de la producción de un impacto parecido.

Si las peores consecuencias posibles siguieran a una guerra termonuclear global, en ese caso, en los subsiguientes registros geológicos habría un estrato delgado, altamente ra-

diactivo, rodeada de hollín, con una distribución a nivel mundial que señalaría la extensión de las extinciones. Los fósiles y otros restos de especies encontradas debajo del estrato se hallarían ausentes por encima del mismo. Excepto en lo que se refiere a la radiactividad, sería algo parecido a los límites del Cretácico/Terciario. Pero, en vez de los blancos restos calcáreos de los foraminíferos que pululaban por los cálidos mares cretácicos, habría matrículas de coches y anillos de bodas. Un visitante de otro mundo tendría poca dificultad para representarse lo que había sucedido (ref. 5.18).

«PUEDE LLEGAR EL APOCALIPSIS»

Entre aquellos que se han tomado en serio la posibilidad de que la guerra nuclear pudiese significar la extinción humana —aunque no existiese una argumentación detallada e irresistible— hay muchos notables científicos y hombres de estado, incluyendo una representación nutrida de los inventores de las armas nucleares:

> Si enfocamos nuestra atención sobre los próximos veinticinco años, podemos decir que el desarrollo es muy probable que alcance algún punto intermedio entre la primera bomba detonada sobre Hiroshima y procesos que, una vez iniciados, podrían poner punto final a toda la vida en la Tierra. Lo que no podemos decir es qué punto intermedio se alcanzará dentro de veinticinco años.
>
> LEO SZILARD, el primer científico que llegó a la conclusión de que era realmente posible un arma nuclear, en una comunicación enviada, el 21 de setiembre de 1945, a la «Conferencia de Energía Atómica», Universidad de Chicago. De Spencer R. Weart y Gertrud Weiss Szilar, eds., *Leo Szilard: His versión of the facts (Special Recollections and Correspondence)* (Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1978), 234.

No resulta imposible imaginar que los efectos de una guerra atómica, llevada a cabo con armas muy perfeccionadas e impulsada con la mayor determinación, llegara a poner en peligro la supervivencia del hombre.

EDWARD TELLER, «¿Hasta qué punto son peligrosas las armas atómicas?», *Bulletin of the Ato-mic Scientists,* febrero de 1947.

El extremo peligro para la Humanidad inherente a la propuesta [por Edward Teller y otros de desarrollar un armamento termonuclear], representa mucho más que cualquier ventaja militar.

J. ROBERT OPPENHEIMER y otros, *Report of the General Advisory Committee,* Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos, octubre de 1949.

El hecho de que no existan límites a la capacidad de destrucción de este arma, origina que su mera existencia y el conocimiento de su construcción sean un peligro para la Humanidad... Es algo diabólico.

ENRICO FERMI e I.I. RABÍ, *Addendum, ibíd.*

Una guerra nuclear a gran escala sería una calamidad de indescriptibles proporciones, y con unas consecuencias por completo imprevisibles, y cuyas incerti-dumbres tienden a lo peor... Una guerra nuclear total representaría la destrucción de la actual civilización, haría retroceder muchos siglos al hombre, causaría la muerte de centenares de millones o de miles de millones de personas y, con cierto grado de probabilidad, podría ser la causa de que el hombre fuese destruido como especie biológica.

ANDRÉI SAJAROV, «LOS peligros de la guerra termonuclear», *Foreign Affairs,* verano de 1983.

Se han dicho ya muchas cosas acerca de la perspectiva de que el hombre, junto con muchas de las otras formas de vida... pudiese desaparecer como especie. Con el tiempo, y no dentro de demasiado tiempo, esto puede llegar a resultar posible. Lo que es más seguro, y más inmediato, es que perderíamos mucho..., todo

> aquello que ha forjado nuestra civilización y nuestra Humanidad... La amenaza del apocalipsis estaría junto a nosotros durante muchísimo tiempo; podría llegar el apocalipsis.
>
> J. ROBERT OPPENHEIMER, «La ciencia de nuestro tiempo», *Bulletin of the Atomic Scientists,* 12 (7), setiembre de 1956, 236.
>
> Hoy somos testigos, ante el poder de las armas nucleares, de una nueva y letal dimensión del antiguo horror de la guerra. Por primera vez en su historia, en este momento la Humanidad ha adquirido el poder de acabar con su historia.
>
> Presidente DWIGHT EISENHOWER, discurso, 19 de setiembre de 1956.

En su famoso discurso del 26 de setiembre de 1961, el presidente John F. Kennedy previó que la guerra nuclear y sus efectos

> extendidos por los vientos y aguas y el miedo, sería muy posible que se tragase tanto a los grandes como a los pequeños, a los ricos y a los pobres, lo mismo a los comprometidos como a los no comprometidos. La Humanidad debe poner fin a la guerra o la guerra pondrá fin a la Humanidad.

En conversaciones privadas, durante la crisis cubana de los misiles, se le ha descrito meditar respecto de que la guerra nuclear podría «tragarse y destruir a toda la Humanidad» (Robert F. Kennedy, *Trece días de julio* [Nueva York: Harper & Row, 1965], 84.) «La posibilidad de la destrucción de la Humanidad ha estado siempre en su mente.» Esta perspectiva apocalíptica pudo ayudar a reforzar su inclinación a no seguir, en respuesta al emplazamiento, por parte de los soviéticos, de armas estratégicas en Cuba, el consejo, por parte de los miembros del Estado Mayor de los Jefes del mando conjunto, de atacar las instalaciones soviéticas en Cuba, empleando para conseguirlo las armas nucleares *(ibid.,* 36, 48). El secretario general Leónidas Brezhnev también declaró que la «Humanidad puede quedar destruida por completo» en una guerra[a] nuclear (discurso al Sejm polaco, 21 de julio de 1974, citado en el Servicio Radiofónico de Información ex-

tranjera, *Daily Report: Soviet Union*, 22 de julio de 1974, *núm.* 141, D17) y, previamente, también el primer ministro, Nikita Jruschov, realizó observaciones parecidas.

Poco después de Hiroshima y Nagasaki, Albert Einstein empezó a pensar en las perspectivas apocalípticas que conllevaría el estallido de una guerra nuclear generalizada. Pero *concluyó:*

> No creo que la civilización quede borrada en una lucha desarrollada con bombas atómicas. Tal vez morirían las dos terceras partes de la población de la Tierra...
>
> «Einstein y la guerra atómica», *Atlantic Monthly,* noviembre de 1945.

[En aquel momento, las dos terceras partes de la población de la Tierra ascendía de 3 a 4 mil millones de personas.]

Diez años después, cuando el arsenal de armas nucleares de Estados Unidos había crecido de manera enorme, y había asimismo comenzado la carrera de armamento con la Unión Soviética, Einstein se volvió aún mucho más pesimista. El manifiesto Einstein-Russell *(Nueva York Times,* 10 de julio de 1955, 25) comentó que «la continuación de la existencia de la especie humana se halla en duda». El manifiesto lo firmaron Bertrand Russell, Albert Einstein, Cecil F. Powell, Joseph Rotblat, Frédéric Joliot-Curie, Leopold Infeld, Hideki Yudawa, Max Born, y Linus Pauling. En la correspondencia que llevó a publicar el manifiesto, Russell escribió a Einstein, el 11 de febrero de 1955:

> [En la actualidad] la guerra puede significar la extinción de la vida en este planeta. Pero no lo creen así los gobiernos ruso y estadounidense. Sin embargo, no deberían tener la menor excusa en su continuada ignorancia acerca de este punto.
>
> OTTO NATHAN y HEINZ NORTDEN, eds., *Einstein on Peace* (Nueva York: Simon and Schuster, 1980), 625-637.

Lo que sigue se ha extraído de las últimas palabras escritas por Einstein:

> [El] conflicto que existe hoy no es más que una lucha por el poder a la antigua usanza, una vez más presentada a la Humanidad con unos oropeles semirreli-giosos. La diferencia radica en que, esta vez, el desarrollo del poder atómico ha imbuido a esta lucha de un carácter fantasmal; ambas partes conocen y admiten que si aquélla desembocase en una auténtica guerra, la Humanidad estaría condenada.
>
> EINSTEIN, en el borrador inconcluso de un discurso pergeñado después de una reunión, el 11 de abril de 1955, con el embajador israelí Abba Eban y el cónsul Reuven Dafni, en Princeton, Nueva Jersey; en Otto Nathan y Heins Norden, eds., *Einstein on Peace* (Nueva York: Simón and Schus-ter, 1960), 641.

UNA MODESTA ESPERANZA

Si no nos destruimos pronto y, en vez de ello, sobrevivimos durante el espacio de tiempo típico para una especie con éxito, habría humanos durante, más o menos, otros 10 millones de años. Dando por supuesto que nuestra vida media y el número de individuos no crezcan demasiado durante dicho período, la población humana acumulada —todos los que hayamos vivido— alcanzaríamos el asombroso total de mil billones de personas (es decir un 1 seguido por 15 ceros). De este modo, si el invierno nuclear acarrea nuestra extinción sería algo un millón de veces peor (mil billones dividido por mil millones) que los efectos directos de una guerra nuclear, en relación con el número de personas que jamás llegarían a existir.

Jonathan Schell ha descrito la extinción en estos términos:

Sólo un proceso de gradual degradación de nuestra propia autoestima puede lograr que disminuyamos nuestras expectativas en este punto. En realidad, de todas las «modestas esperanzas de los seres humanos», la

esperanza de que la Humanidad sobreviviría constituye la más humilde, dado que sólo nos conduce al umbral de todas las demás esperanzas. Hay que entenderlo así: ya no pedimos justicia, o nuestra libertad, o la felicidad, o cualesquiera de las otras cosas que ansiemos en la vida. Ni siquiera pedimos por nuestra supervivencia individual; lo único que pedimos es que *lleguemos a sobrevivir.* Sólo pedimos la seguridad de que, cuando muramos como individuos, como ya sabemos que ocurre, por lo menos siga existiendo la Humanidad. [Schell, *The Fate ofthe Earth* (Nueva York: Knopf, 1982).]

«SCOPE»

De existir algo parecido a un parlamento global de científicos, deberíamos decir que lo forma el Consejo Internacional de Uniones Científicas, con sede en París. En cierto sentido, el ICSU cabe decir que habla —aunque por lo general en voz muy baja— para los científicos del planeta Tierra. Tal vez su actividad mejor conocida fue la organización del Año Geofísico Internacional (1957-1958) que desembocó en la Era espacial. He aquí su modo de funcionamiento: En una disciplina dada —por ejemplo, la astronomía—, existen organizaciones nacionales de científicos profesionales. En Estados Unidos, el principal de tales grupos es la Sociedad Astronómica. Al igual que otras organizaciones astronómicas de muchas más docenas de países, la Sociedad Astronómica de Estados Unidos está adherida a la Unión Astronómica Internacional. Una vez cada tres años, los astrónomos de todo el mundo se reúnen bajo los auspicios de la IAU para intercambiar sus descubrimientos e investigaciones y para discutir asuntos importantes de política para la astronomía. De modo similar, la Unión Geofísica estadounidense pertenece a la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, y lo mismo sucede con otras muchas ciencias, como la física, la química, las matemáticas y la bioquímica. Esas asociaciones internacionales, a su vez se hallan adheridas y forman el Consejo Internacional de Asociaciones Científicas. Se trata de una sociedad de sociedades de sociedades. Por su naturaleza y tradición, la ICSU es muy conservadora.

El Comité Científico de Problemas del Medio ambiente

(SCOPE), de la ICSU, organizó un masivo estudio interdisciplinario e internacional, presidido por Sir Frederick Warner, para tratar de las consecuencias medioambientales de una guerra nuclear. El estudio reunió a centenares de científicos de más de una docena de países, que trabajaron durante más de tres años. Se mantuvieron reuniones en Australia, Canadá, China, Reino Unido, Francia, India, Japón, Países Bajos, Nueva Zelanda, Suecia, Suiza, Thailandia, la URSS, Estados Unidos y Venezuela. Algunas de las conclusiones fueron muy directas para tratarse de una organización tan discreta. El informe, en dos volúmenes (ref. 3.11), previene de

...una pérdida potencial de unos cuantos miles de millones de seres humanos a partir de sus consecuencias a largo plazo: este amplio ámbito incorpora otro extenso abanico de potenciales diferentes perturbaciones en el medio ambiente y en la sociedad. Este cálculo no toma en cuenta las pérdidas debidas a los efectos directos...

Las pérdidas totales de los sistemas de apoyo de la agricultura y de la sociedad humana acarrearían la desaparición de casi todos los humanos de la Tierra, esencialmente a partes iguales entre los países combatientes y los no combatientes... Esta vulnerabilidad constituye un aspecto que, por lo general, no forma parte de los conocimientos acerca de la guerra nuclear; no sólo se hallan en peligro los principales países combatientes, sino que, virtualmente, la entera población humana constituye un rehén respecto del empleo a gran escala del armamento nuclear...

Como representantes de la comunidad científica mundial, reunidos en este estudio, hemos llegado a la conclusión de que muchos de los graves efectos sobre el medio ambiente global son lo suficientemente probables como para requerir de una muy extendida preocupación. A causa de la posibilidad de una tragedia de una dimensión sin precedentes, cualquier disposición para minimizar o ignorar los amplios y extensos efectos en el medio ambiente de una guerra nuclear constituiría un perjuicio fundamental para el futuro de la civilización global...

Una fundamental y diferente representación del sufrimiento global entre los pueblos, tanto los países no combatientes como los combatientes, debería convertirse en la nueva percepción media para los que toman

> las decisiones políticas en todo el mundo, a fin de que las visiones representadas en este estudio simplemente queden como unos ejercicios intelectuales y no constituyan el irreversible futuro que aguarda a la Humanidad.

¿MORIRÍAN REALMENTE MILES DE MILLONES DE PERSONAS A CAUSA DEL INVIERNO NUCLEAR?

Los métodos de la valoración biológica de «SCOPE» han sido también comprobados y confirmados por una reunión especial de expertos científicos y agrícolas convocada por la Oficina de Política Científica y Tecnológica de la Casa Blanca (William H. Tallent y otros, CIRRPC Science Panel núm. 5, Oficina Ejecutiva del Presidente, «Review of SCOPE 28, vol. II», marzo de 1988). Asimismo, este grupo de expertos observó que el análisis «SCOPE» había sido demasiado conservador, al ignorar algunos factores que convertirían en algo aún mucho peor los resultados de una guerra nuclear. Entre sus conclusiones, afirmaron:

Una gran helada que tuviese lugar en primavera o en verano, provocada por un intercambio nuclear, mataría todas las especies naturales y cultivadas de las regiones templadas del Hemisferio Norte... En los trópicos se producirían graves pérdidas en la productividad agrícola... Dichas consecuencias se producen al emplear en los análisis, como supuestos climáticos, o bien [el invierno nuclear]... o el menos extremado «otoño nuclear».

La carta-resumen del presidente a la Oficina Ejecutiva del Presidente de Estados Unidos resume así el tema:

Las cosas que crezcan en las latitudes medias del Hemisferio Norte podrían quedar destruidas por completo, o la producción disminuiría enormemente durante, por lo menos, la siguiente estación de crecimiento, tras un intercambio nuclear, en el caso de que las resultantes perturbaciones atmosféricas originasen

> descensos en las temperaturas del orden de 5 a 15°C, aunque fuese por breves períodos de tiempo. Sin embargo, el grupo de expertos cree que varios factores importantes no fueron tratados de una manera adecuada

en el estudio «SCOPE», y que la inclusión de los mencionados factores aún empeoraría más las cosas:

> Debe señalarse especialmente la pérdida de amplias zonas de tierras agrícolas irrigadas, a causa de la destrucción de presas [y] graves disrupciones en la producción, procesado y distribución, originados por la destrucción de la compleja infraestructura tan necesaria en el sistema alimentario y agrícola de Estados Unidos.

Pero cuando transmitió el Informe Tallent al secretario de Agricultura, el 16 de marzo de 1988, el consejero de ciencias presidencial, William R. Graham, no dio la menor indicación en su carta-resumen de la conclusión principal: que los efectos biológicos de una guerra nuclear, era probable que resultasen *peores* que los estimados por el estudio de «SCOPE». Se trata de un pequeño ejemplo de la tan extendida tendencia, aún evidente en el gobierno de Estados Unidos, de minimizar las consecuencias de una guerra nuclear. (Cf. ref. 8.22.)

Capítulo VI
RIESGO

Todo le sucede a todo el mundo, más pronto o más tem prano, si hay tiempo suficiente.

GEORGE BERNARD SHAW, *Back to Methuselah* (1921), V parte, pág, 192.

Incluso un fusil descargado puede dispararse una vez cada década. Y, una vez cada siglo, incluso un rastrillo puede lanzar un tiro.

Antiguo proverbio ruso, citado por el mariscal Nikolai V. Ogarkov, jefe del Mando general soviético, 16 de marzo de 1983.

En comparación con otras catástrofes potenciales —y es bien sabido que existe un buen número de ellas—, ¿qué riesgos corremos, en la actualidad, de una guerra nuclear?

Existe un amplio abanico de posibles resultados de una guerra nuclear, cada uno de ellos con un riesgo asociado. En términos simples, el riesgo puede estimarse como la probabilidad de que se dé el suceso, multiplicado por su coste: coste en vidas, en miseria, en pérdida de conocimientos, en los artefactos de nuestras culturas destruidos y en la sensibilidad de nuestra civi-

lización, todo lo cual cabe medirlo según cualquier nivel que deseemos. Incluso las más remotas contingencias han de ser tomadas en serio, si sus consecuencias son lo suficientemente apocalípticas: se trata de un punto de vista incluido de manera tradicional por los planificadores militares y los estrategas nucleares (ref. 6.1). La guerra es un asunto demasiado serio, nos han estado diciendo durante generaciones, como para que basemos nuestros planes, simplemente, sobre las acciones más probables de un enemigo potencial. Debemos planificar sobre la capacidad, no sobre las intenciones. Se nos dice que hemos de prepararnos para el caso peor. Las apuestas son demasiado altas como para que hagamos otra cosa. Todo se volvería de lo más inconsciente si esta antigua doctrina militar tuviese que abandonarse en el mismo momento en que nos enfrentamos con nuestro caso peor y último.

Las compañías de seguros comprenden muy bien todo esto, y ello se encuentra en la base de la idea del riesgo actuarial. Cada año, las probabilidades de muerte por accidente, en Estados Unidos, se tabulan de una manera rutinaria. Por ejemplo, existe, más o menos, una probabilidad sobre 10.000 de resultar muerto en un accidente de coche; una posibilidad sobre un millón de ser electrocutado; una probabilidad cada diez millones de ser alcanzado letalmente por un rayo. Lo mismo ocurre respecto de los daños contra la propiedad. Al determinar la prima que se debe pagar por el seguro de la vivienda contra cualquier riesgo importante —por ejemplo, inundación, o incendio, o terremoto—, las compañías de seguros multiplican la baja probabilidad del suceso por el elevado coste de remplazar las cosas de su casa. La probabilidad de que se dé el suceso es muy mal conocida. El coste de remplazar su vivienda, se conoce con mucha mayor exactitud. Ninguna de las dos cosas, por sí sola, determina la prima. Ambas resultan esenciales. En el caso de una guerra nuclear global, la probabilidad del suceso es también muy escasamente conocida; a diferencia de las inundaciones, mcendios y terremotos, jamás hemos experimentado una. El «coste de sustitución» de nuestra civilización es tal vez conocido mucho mejor. En este caso, el multiplicar la probabilidad por el coste también podría resultar útil; por ejemplo, nos facilitaría alguna medida del nivel de esfuerzo apropiado para prevenir que sucedan una guerra nuclear y el invierno nuclear. Las destrucciones instantáneas, la pérdida de vidas, la ago-

nía y la vuelta al tiempo de los bárbaros podría resultar tan espantosa, se argumenta en ocasiones, que sólo *este* coste anticipado debería, de una manera efectiva, impedir una guerra nuclear. De este modo, llegamos —y existen muchas rutas para arribar a este punto— a la paradoja fundamental de la era nuclear: las naciones deben estar preparadas para combatir en una guerra nuclear, a fin de impedir que se produzca una, aunque dicha disposición, por sí misma, pueda llevar a una guerra nuclear, a pesar de las mejores intenciones de todos aquellos que se creen dueños de sí mismos. Cuanto más grandes son los arsenales, más segura es la llamada «disuasión»: pero, cuanto mayores son los arsenales, más devastadora puede llegar a ser la guerra si falla la disuasión.

La probabilidad de una guerra nuclear en las próximas décadas, continúa siendo algo desconocido. Pero, a causa de la enorme cantidad del armamento nuclear y de sus sistemas de lanzamiento, con la intrínseca imperfección de las máquinas y de las personas, la guerra nuclear no sólo es posible, sino que, si aguardamos demasiado, podría llegar a ser inevitable (véase recuadro). Uno de los propósitos de este libro es valorar si el nuevo conocimiento del invierno nuclear (y sus efectos conexos) puede conducir a cambios en los sistemas de armamentos, en la política y en la doctrina que, de una manera sustancial, reduzcan la probabilidad y/o la gravedad de una guerra nuclear.

El ingenuo dueño de una casa, al que se le presenta la posibilidad de que su vivienda se vea arrastrada por una inundación, puede obviar la idea como «sólo una teoría» y no suscribir la correspondiente póliza de seguros. Resultaría posible que argumentase: «Mi casa lleva aquí ya 50 años y, durante todo este tiempo, jamás ha habido una inundación.» Pero si el río corre el peligro de desbordar sus riberas, los prudentes dueños de una casa no sólo tratarían de concertar un seguro; asimismo llegarían a ayudar a construir presas o diques, o incluso intentar desviar el cauce del río. Cuando el agua empieza a subir, la gente prudente se pone en acción.

En lo que respecta a quienes hacen la política, y que tienen ante sí un amplio abanico de desastres potenciales, necesitan un método para jerarquizar las prioridades: en qué catástrofes de las anunciadas hay que creer, a cuál hay que dedicar la parte mayor de los recursos económicos e intelectuales. Llegar a esa prioridad es, necesariamente, un asunto que requiere sangre

fría aunque, por lo general, se halle entreverado de consideraciones políticas a corto plazo. Precisa una manera de pensar que a muchos les resulta detestable. Pero vamos a dedicar unas cuantas páginas a este asunto, en la esperanza de llegar a demostrar que los costes potenciales de una guerra nuclear —en especial si incluimos el invierno nuclear—, conllevan que su prevención de una manera segura merece con mucho la más elevada prioridad de todas las entradas que constan en la agenda de quienes hacen la política. Y este imperativo no resulta menos urgente, a pesar de que se hayan suavizado las tensiones entre las superpotencias. Resulta claro que el preservar las vidas de la mayoría de sus ciudadanos, debe constituir el objetivo mínimo que cualquier nación llegue a pedir a sus dirigentes.

El «coste» de una guerra, si nos vemos precisados a pensar en dichos términos, debería medirse según lo que se espere que ocurra en vidas humanas y en sufrimiento. Pero no existe ninguna medición estándar con la que medir el coste de una vida humana, ni tampoco puede haberlo. No obstante, tenemos los niveles de indemnización que ofrecen o pagan las compañías o los gobiernos nacionales responsables de las muertes o heridas graves de civiles inocentes. Tenemos un caso en el que apoyarnos: los ofrecimientos de la «Union Carbide Corporation» después del desastre de Bhopal, India. Lo mismo cabe decir de las reparaciones discutidas (sólo para las víctimas no iraníes) después del derribo por la armada de Estados Unidos del vuelo 665 de la «Irán Air» un reactor «Jumbo» lleno de pasajeros civiles, en julio de 1988. O bien, lo que las compañías de seguros ofrecen, por regla general, como conciliaciones prejudiciales, respecto de aquellas personas que resultan muertas en un accidente de aviación. Dentro de este mismo ámbito se encuentran las reparaciones anunciadas, en agosto de 1988, para los ciudadanos estadounidenses de descendencia japonesa que fueron ile-galmente internados —con autorización en los niveles más altos del gobierno de Estados Unidos— en campos de concentración durante el tiempo que duró la Segunda Guerra Mundial. Esos ofrecimientos se hallan dentro del ámbito de 10000 a 100.000 dólares por ser humano (ref. 6. 2). Con unas bajas comprendidas entre 100 millones y unos cuantos miles de millones a causa de los incidentes de un invierno nuclear, esto ascendería a una cantidad entre un billón y varios cente-nares de billones de dólares. Asimismo, la cifra más alta repre-

sentaría, más o menos, el «coste de remplazamiento» corriente de todo cuanto existe en la Tierra construido por los seres humanos. La pérdida de productividad de las personas muertas a causa de un invierno nuclear puede estimarse, partiendo del producto bruto mundial, en la suma de 10 billones de dólares al año, por lo que —partiendo de las consideraciones más optimistas posibles— se necesitaría todo un siglo para restablecer el equivalente de la actual civilización técnica global, cuya pérdida de productividad acumulada, alcanzaría de mil billones a un trillón de dólares. Esta cantidad —un trillón de dólares— representaría el orden de magnitud de un invierno nuclear a gran escala.

Permítasenos ahora comparar estas cifras con el coste y riesgo de los relativamente lentos cambios medioambientales: disminución de la capa de ozono a causa de los CFC y una intensidad cada vez mayor de la luz solar ultravioleta en la superficie de la Tierra; o el aumento de la creciente abundancia de los gases invernaderos que absorben los infrarrojos en la atmósfera de la Tierra y el consiguiente riesgo del aumento de la temperatura media superficial y al nivel del mar. Antes de que se alcanzasen unos acuerdos internacionales para reducirlos, la fabricación de los CFC era una industria de ámbito mundial con un giro de muchos misiles de millones de dólares. Y en el momento en el que el mayor peligro previsto, en líneas generales, a causa de la disminución del ozono, radicó en el incremento en algunos miles de muertes al año a causa de cánceres de piel, durante un período de casi un siglo (ref. 6.3), se contempló la posibilidad de gastarse miles o decenas de miles de millones de dólares, para ulteriores investigaciones, en reducir la producción de los CFC y en el desarrollo y promoción de nuevas industrias globales que fabricasen un sustituto de los CFC. Esto también opera dentro del mismo ámbito del «coste» por vida humana, según las indemnizaciones que hemos señalado antes.

El lento recalentamiento de la Tierra a causa del aumento del efecto invernadero —en cierto modo, lo contrario del invierno nuclear — no matará (a diferencia del invierno nuclear) a 1a gente directamente (ref. 6.4). Se estima que, llegado el momento, producirá graves perturbaciones en la agricultura y, hacia mediados del siglo xxi —, tal vez convierta a las regiones productoras de trigo del Medio Oeste norteamericano y a la Ucrania de la Unión Soviética, en algo que se parezca a desiertos

llenos de matorrales. Pero, al mismo tiempo, los climas más propicios a la agricultura podrían, durante cierto tiempo, extender las zonas agrícolas más hacia el norte —por ejemplo, en Canadá y Siberia — y, siempre y cuando los suelos sean fértiles, aún no está demostrado que, a nivel global y a largo plazo, se produzca un hambre masiva a la misma escala de la causada por el invierno nuclear. A medida que se eleve el nivel de los mares, a causa del volumen en expansión del agua de mar por su recalentamiento, y por el derretimiento del hielo glaciar y polar —y en especial después del lento deterioro o colapso de la capa de hielo de la Antártida Occidental—, podría salir a luz una nueva categoría de consecuencias económicas: la inundación de todas las ciudades costeras del planeta, así como las partes de países bajos y sin protección, como Bangladesh. El coste de la emigración masiva de la agricultura, de construir diques y presas a nivel mundial, de rescatar refugiados del medio ambiente y de una nueva ubicación de las principales ciudades costeras de la Tierra, todo ello llegaría a constituir algo formidable. Para impedir que siga aumentando el efecto inver-nadero —más allá de la conservación de la energía, prohibiendo la producción de los CFC y con una reforestación a nivel mundial—, se precisaría una masiva conversión de los combustibles fósiles a la energía solar, electricidad nuclear (preferiblemente de fusión), u otras tecnologías que aún no se han desarrollado o son todavía poco competitivas desde el punto de vista económico (ref. 6.4). La investigación y costes del desarrollo para una sola de dichas tecnologías alternativas —por ejemplo, la energía de fusión a elevadas temperaturas— alcanzan, todo lo más, decenas de miles de millones de dólares que, con la conversión a nivel mundial, ascenderían a billones. Existen otras razones para dar esos pasos fundamentales con el objeto de hacer frente al recalentamiento invernadero, y estamos firmemente a favor de que se den. Pero no por eso dejamos de señalar que, en comparación con una guerra nuclear, el coste de prevención, relacionado con lo que se halla en juego, es muy elevado.

Una guerra nuclear llegaría a destruir profundamente la infraestructura social de las naciones combatientes y, a través del invierno nuclear, sería muy probable que destruyese también la civilización global. La escala de tiempo sería muy corta —de meses a años— y no existiría la oportunidad, como ha ocurrido

con las precedentes catástrofes en el medio ambiente no nucleares, de avanzar a pequeños pasos, para comprobar las formas alternativas de una acción que ponga remedio al asunto, y contemplar con tranquilidad algunos otros enfoques óptimos.

Si tuviésemos que valorar el «coste» de una guerra nuclear global en 1.000 billones de dólares, y la probabilidad de un evento de guerra de tal clase tan bajo como en un 0,1% al año, de todo ello se seguiría que estaríamos gastándonos 1.000 billones de dólares al año solamente para prevenir una guerra nuclear.

Esto, *grosso modo,* representa el presupuesto militar combinado de todas las naciones, y, en el caso de que se nos asegurase que este gasto impediría, con un alto grado de Habilidad, una guerra nuclear, podríamos considerar que se trataría de un dinero muy bien gastado (ref. 6.5).

Una nación que se tomase muy en serio el invierno nuclear, podría contemplar la idea de almacenar suficiente comida, para las personas sobrevivientes, durante el período de, por lo menos, una década.

Pero los trastornos en los sistemas nacionales de transporte y de refrigeración, a consecuencia de una guerra nuclear, resulta algo que complicaría en extremo la tarea, e incluso un intento parcial de guardar todos esos víveres y materiales a una distancia que se pudiera alcanzar a pie por la mayoría de los supervivientes, no dejaría de ser enormemente costoso —aunque no tan caro como la carrera global de armamentos y, ciertamente, no tan costoso como una guerra nuclear. Sin embargo, dar un paso así conllevaría muy serios efectos negativos: sugeriría a los adversarios potenciales, por lo menos, la intención general de llevar a cabo el primer golpe en una guerra nuclear, y podría tomarse como un acto muy poco amistoso por parte de las naciones no combatientes, que resultarían destruidas por la guerra nuclear y por el invierno nuclear, aunque nadie tratase de atacarlas de forma directa.

En resumen, podemos afirmar que los riesgos planteados a la especie humana por el invierno nuclear, dentro de los más probables niveles de gravedad establecidos en la actualidad desde un punto de vista científico, resultan inaceptables bajo cualquier estándar de los que se aplican corrientemente en los temas del medio ambiente, o incluso en comparación con la enorme devastación instantánea de una guerra nuclear (donde

el daño directo es claramente inaceptable basándonos en unos niveles similares).

Su incremento en el coste, tanto para las naciones combatientes como para las no combatientes, ya se mida en vidas o en dinero, resulta tan enorme que eleva los riesgos —ya de por sí inaceptablemente elevados— de una guerra nuclear de una manera muy significativa. Todo lo cual justifica los esfuerzos más heroicos que puedan llevarse a cabo para impedir que, de ninguna manera, lleguen a producirse la guerra nuclear y el invierno nuclear (ref. 6.6).

IMPROBABLE O INEVITABLE: ¿CUAN PROBABLE ES LA GUERRA NUCLEAR?

Si el armamento nuclear ha mantenido la paz, podría parecer que cualquier eliminación de un disuasor tan probado de la guerra sería algo loco y peligroso. «Si no se ha roto, no lo compongas.» Y, sin embargo, incluso sus más ardientes partidarios discuten que, por su auténtica naturaleza, la disuasión no está a prueba de locos. Aquí, por ejemplo, tenemos las palabras de Bernard Brodie, quien, en 1946 (ref. 10.1), fue el primero que formuló la idea de la disuasión nuclear:

Tenemos amplias razones para creer que, en la actualidad, las armas deben actuar de una manera crítica para disuadir las guerras entre las grandes potencias, y no sólo las guerras nucleares, sino toda clase de guerras. Y esto es, realmente, una ganancia muy grande. No debemos tener la menor duda de mostrarnos reacios respecto a renunciar a ellas, aunque pudiésemos. No debemos quejarnos demasiado porque la garantía no es a prueba de todo. Constituye una paradoja de nuestro tiempo que uno de los principales factores que hacen que la disuasión funcione realmente, y funcione bien, es el miedo oculto a que, en alguna crisis con confrontación masiva, pueda fracasar. [Brodie, *War and politics* (Nueva York: Macmillan, 1973), 430-431.]

¿Pero cómo podemos equilibrar los beneficios de la disuasión contra esos arsenales de la misma disuasión que pueden hacer que ésta fracase? ¿Cuánto peso podemos dar al «miedo oculto» de Brodie? ¿Debemos darle más peso si descubrimos que las consecuencias de una guerra nuclear son mucho peores de lo que pensamos?

Excepto la demolición de las dos ciudades en los días postreros de la Segunda Guerra Mundial, cuando no existía la perspectiva de la represalia nuclear, nosotros, los humanos, nunca hemos sido testigos de una guerra nuclear. Tenemos muy poca experiencia en la que basar nuestras estimaciones acerca de cómo es. Algunos contemplan el hecho de que no haya habido una guerra nuclear desde 1945, y llegan a la conclusión, con Brodie, de que la disuasión funciona, que las armas nucleares previenen la guerra nuclear (lo mismo que una guerra convencional entre las naciones provistas de armamento nuclear). No se trata sólo de una esperanza bienintencionada, aunque ingenua, afirman; es una conclusión que se basa en la evidencia real histórica: la ausencia de guerras mundiales desde 1945 y en algunos incidentes instructivos, como la marcha atrás desde el mismo borde, como en el caso de la crisis cubana de los misiles de 1962. Prefieren lo que consideran una fiabilidad probada de los actuales arsenales nucleares a los peligros desconocidos de cualquier otro acuerdo alternativo.

Otros observan las apocalípticas capacidades de los arsenales nucleares, así como los desastres tecnológicos del *Challenger* y de Chernobil, la larga secuencia de los accidentes navales entre Estados Unidos y la URSS y otros errores de los últimos años 1980, y la incompetencia ocasional o locura de los dirigentes nacionales, y se asombran de que la guerra nuclear aún no se haya desencadenado; creen que sólo es cuestión de tiempo. Las décadas sin una guerra mundial significan poco, argumentan; han existido unos períodos similares mucho antes de la invención de las armas nucleares, incluyendo los acontecimientos del siglo xix europeo entre el Congreso de Viena y la guerra franco-prusiana.

Los optimistas a veces consideran a los pesimistas unos presagiadores de todos los males, unas personas que se asustan sin necesidad, unos volubles y débiles mentales. En ocasiones, los pesimistas consideran a los optimistas como si fuesen un hombre que se ha tirado de lo alto de un rascacielos y que gritase, a través de una ventana abierta, a un desconcertado oficinista: «Hasta ahora, todo va bien...» Sostienen que la trayectoria en pendiente es algo que está muy claro.

Consideremos un peligro mortal tan improbable que sólo puede suceder una vez en un millar de pruebas, o períodos de tiempo- No especificamos cuál es el período de tiempo; puede tratarse de una semana o de un mes o de un año. Transcurren muchos períodos de tiempo sin que el peligro se materialice. La probabilidad de que no se produzca en una sola prueba es de 999/1 000 = 0,9999, muy cerca de 1. (Una probabilidad de 1 constituye una garantía a toda prueba.) La posibilidad de que no suceda, en dos pruebas independientes, es (999/1 000), o 0,998, todavía muy cerca de una garantía total. Pero, a medida que aumenta el número de intentos, la probabilidad desciende. Si se realizan un millar de intentos independientes, en ese caso la ley de probabilidades nos dice que la probabilidad de que el acontecimiento no suceda se convierte en (999/1 000), o 0,37. Ahora existen más probabilidades de que el desastre tenga lugar. Para cuando ya se han realizado unos cuantos miles de intentos, la posibilidad de evitar el desastre se convierte en muy pequeña. De forma equivalente, la probabilidad de que el desastre se produzca se hace muy cercana a 1. Con pruebas suficientes, una improbabilidad se convierte en algo inevitable.

De este modo, en los argumentos de esta clase, que rastrean las inexorables leyes de las probabilidades, es en lo que se basan algunos analistas para creer que los arsenales nucleares constituyen una catástrofe que sólo aguarda a que tenga lugar (cf. ref. 13.4). Otros argumentan que, incluso la explosión accidental o no autorizada de unas cuantas armas podría no llevar necesariamente a una guerra nuclear; o señalan que, si la probabilidad del suceso desciende lo suficientemente de prisa en cada una de las pruebas —a través de continuadas mejoras en la fiabilidad y en la seguridad—, resulta posible, en principio, que se venzan las probabilidades. La discusión entonces se dirige a la distinción entre estar en posesión de las armas nucleares y poder hacerlas estallar: las claves crípticas de seguridad, los llamados «enlaces de acciones permitidas» (PAL).

Se han diseñado para impedir un uso inadvertido o no autorizado del armamento nuclear. Con la inclusión de mecanismos de cierre de cuatro cifras, se dice que, en la actualidad, llevan incorporada «una capacidad limitada de intentos, lo que convierte en inservible el arma si se insertan de forma reiterada códigos incorrectos» (ref. 8.10, pág. 138).

Pero la seguridad de los PAL no se halla sometida al control público. No tenemos forma de saber si sus seguros lo son tanto como los confiadamente empleados antes de los desas-

tres del *Challenger* y de Chernobil. La Marina de Estados Unidos ni siquiera posee enlaces de acciones permitidas sobre sus armas nucleares, porque, según dicen, en una crisis los PAL pueden impedir usar a tiempo dichas armas (ref. 6.7). No es probable que los que toman las decisiones, en Estados Unidos, sean capaces de realizar juicios independientes y bien medidos acerca de las precauciones de seguridad adoptadas por la Unión Soviética o algunas otras naciones.

En lo que se refiere a nosotros, nos hallamos hondamente impresionados ante todos aquellos humanos propensos a las ilusiones confortantes y tranquilizadoras y a pasar por alto los peligros de la alta tecnología. Para nosotros, sólo los argumentos más convincentes serían bastantes en un caso en que las puestas son tan elevadas. La carga de la prueba corre por cuenta de todos aquellos que afirman que no existe nada de lo que debamos preocuparnos. Pero, a causa del secreto en que se hallan inmersos todos los asuntos de la seguridad del armamento nuclear, no se ofrece nada parecido a un argumento convincente, sólo un razonamiento basado en la autoridad: «Confíe en nosotros, los arsenales son seguros.» Pero eso no nos tranquiliza en absoluto.

Capítulo Vil

TAMBORA Y FRANKENSTEIN: LO QUE CUESTA GENERAR EL INVIERNO NUCLEAR

Recuerda, me has hecho más poderoso que tú mismo... Si la multitud de la Humanidad supiese mi existencia, querrían hacer lo mismo que tú, y se armarían para mi destrucción. ¿Cómo no voy a odiara quien me aborrece? ...Declaré una guerra perenne contra la especie... Juré un odio eterno y , venganza contra toda la Humanidad.

El mortífero e inmediato monstruo de Víctor Frankenstein, en un discurso exculpatorio ante su hacedor. De Mary Wollstonecraft Shelley, Frankenstein (1816).

El brillante sol se extinguió...
y la helada Tierra
gira ciegamente y oscurece el aire sin luna;
el amanecer viene y va, y vuelve, pero no trae el día,
y los hombres olvidan sus pasiones en el pavor
de su desolación; y todos los corazones
se hallan helados en una egoísta oración por la luz.

...No ha quedado amor
Toda la Tierra tiene un pensamiento, y es el de la muerte,
inmediata y sin gloria; y la cacerola
del hambre alimenta todas las entrañas.

De George Gordon, Lord Byron, «Oscuridad» (1816). En *The Poeticals Works of Byron*, Edición de Cambridge (Boston: Houghton Mifflin, 1975), 189.

Tal vez la novela más famosa de terror, así como una de las primeras advertencias de que la tecnología puede ser peligrosa más allá de las mejores intenciones posibles por parte de aquellos que la crean, sea el *Frankenstein* de Mary Wollstonecraft Shelley. En el verano de 1816, la autora estaba de vacaciones en un lago de los Alpes suizos con otros literatos, entre los que se contaba Byron y Percy Bysshe Shelley, con el que pronto se casaría. El principio del verano era «desapacible», fuera de estación, frío y lluvioso. La mayor parte de Europa se veía azotada por tormentas de nieve y por un tiempo espantoso. En una cabaña, «por la noche nos amontonábamos en torno de un ardiente fuego de madera» y se contaban historias de fantasmas que «nos excitaban de un juguetón deseo de imitación». Concertaron una especie de concurso para lograr un cuento de terror de lo más consumado. El vencedor fue *Frankenstein* (así como el único que llegó a completarse). Aquel verano, Mary Wollstonecraft apenas tenía diecinueve años.

Las primeras páginas de la novela están llenas de presagios de mal tiempo: «escarcha y desolación», «Pasé... frío [y] hambre»; «cercado como estoy por la escarcha y la nieve». Y todo de este jaez. Y el libro concluye con una encantada cacería, por las extensiones árticas, del monstruo por su creador. El narrador anota que «el frío es excesivo y muchos de mis desafortunados camaradas ya han encontrado una tumba en medio de esta escena de desolación». Parece de lo más probable que estas imágenes fuesen provocadas por aquel desapacible tiempo veraniego.

George Gordon, Lord Byron, se vio inspirado por el mismo extraño tiempo, cuando escribió su lúgubre poema «Oscuridad», que algunos —especialmente algunos de nuestros colegas soviéticos— han tomado como una clase de premonición del invierno nuclear. Lo que resulta probable es que el frío y la oscuridad que caracterizaron el verano de 1816, y que produjeron indecibles dificultades, hambre y muerte a través del mundo occidental, fuesen realmente algo parecido a un débil invierno nuclear, originado por una capa global de finas partículas. Los sucesos de 1816, y posteriores, de los que ya hablaremos, nos ayudarán a calibrar aquello que genera un invierno nuclear.

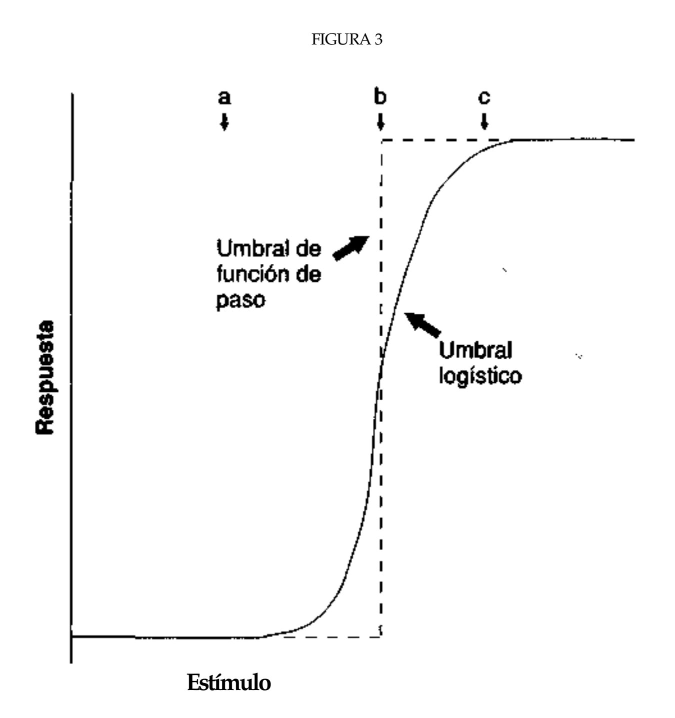
En física, fisiología, y muchas otras áreas de la ciencia, existe la útil idea de un umbral: el *más pequeño input* (estímulo)

requerido para producir un *output* (respuesta) mensurable o perceptible. Por ejemplo, existen niveles de sonido o de luz que somos incapaces de percibir, aunque a unos niveles levemente mayores, podemos oír y ver con claridad. Existe un umbral de energía cinética, por debajo del cual las colisiones son elásticas (por ejemplo, bolas de billar o moléculas de aire que rebotan tranquilamente unas contra otras), y por encima del cual son inelásticas (por ejemplo, una bola de rodamiento de acero que choca contra un edificio o el impacto que forma un cráter de un pequeño cuerpo contra la Luna). Muchos potentes explosivos convencionales, lo mismo que las armas nucleares, necesitan de un detonador o su equivalente: por encima de cierto *input* de umbral de energía, la explosión llega a ocurrir, mientras que, por debajo de ese nivel, ya no ocurre.

Algunos umbrales son de la variedad «función de escalón», en el que no se produce un efecto por un incremento en el estímulo, hasta que se llega al umbral, en cuyo punto, de repente, se produce el efecto pleno. El gráfico resultante parece una vista lateral de un escalón en una escalera. En otras aplicaciones, el cambio en la respuesta a un incremento en el estímulo nunca es tan abrupto o discontinuo; en vez de ello, un lento incremento en el estímulo no tiene, al principio, efecto; luego alcanza una región de transición en que el creciente estímulo produce un aumento en las respuestas; hasta que el efecto se satura y, después de un nuevo incremento en el estímulo, (casi) no se aumenta la respuesta. Esta conducta puede describirse a través de un umbral logístico o sigmoidal (llamado así por la forma de la curva; la letra sigma es la precursora de nuestra letra «S»; la curva se parece más bien a la parte final de la sigma minúscula colocada al final de las palabras griegas). Esas dos clases de umbral se indican, esquemáticamente, en la figura 3.

La física de la absorción de la luz por el humo muestra una función logística y no un umbral de función escalón. Aquí, el humo que absorbe la luz es el estímulo, y la oscuridad de la Tierra es la respuesta. Con crecientes cantidades de humo en la atmósfera, la luz del sol es, al principio, atenuada de una manera imperceptible; luego se produce una amplia región de transición en que, cuanto más humo hay, más se atenúa la luz del sol; y, finalmente, se produce un régimen en el que, cuanto más humo existe en el aire, ya no penetra esencialmente luz en el suelo y cantidades de humo crecientes tienen pocos efectos

FIGURA 3



Los dos tipos de umbrales: un umbral de función de paso en que toda la respuesta ocurre de repente para un valor determinado del estímulo, y un umbral logístico o sigmoidal, en que existe una amplia región de transición en que la respuesta sigue al estímulo. La física de la absorción del humo y el invierno nuclear proporciona un umbral logístico (véase figura 4); la respuesta (temperatura) disminuye con el estímulo, por lo que las curvas logísticas resultantes son imágenes de espejo de la curva en forma de S aquí representada

adicionales. El umbral logístico para la absorción de la luz traslada a un umbral logístico la dependencia de las temperaturas superficiales respecto de la cantidad de humo en el aire (como se muestra, más adelante, en la figura 4). Se ha generado alguna confusión, por parte de aquellos que entendían que el umbral del invierno nuclear debía ser una función de escalón en vez de uno logístico.

Sin embargo, las manifestaciones del invierno nuclear dependen del tiempo y de la ubicación, y pueden abarcar un amplio continuo de gravedades (que dependen, por ejemplo, de lo

blancos seleccionados), de manera que, aunque el concepto de umbral» continúa siendo importante, su definición se hace más ambigua (ref, 7.1). En la curva en forma de S de la Figura 3 ¿dónde está exactamente el umbral? ¿En el punto *a*? ¿En el punto *b*? ¿En el punto *c*? Resulta claro que se encuentra en alguna parte entre *a* y *c*. ¿Pero, dónde? ¿Nuestra elección es un asunto de física, de política, o de disposición emocional?

Las siguientes tendencias generales en las consecuencias climáticas de la guerra nuclear han quedado aclaradas desde hace algún tiempo:

1) La gravedad de los impactos climáticos podría, en un rango importante, tender a incrementarse con la cantidad de humo (ref. 7.2) inyectado en la atmósfera;

2) Las regiones continentales de tierra adentro podrían sufrir efectos más graves que las zonas costeras y las islas;

3) Los descensos en la temperatura absoluta podrían ser más grandes en verano y menores en invierno, aunque una guerra en primavera podría resultar mucho más grave en sus consecuencias para la agricultura (y por lo tanto, para los humanos), y

4) Sobrepuestos a los cambios en las temperaturas medias, previstos por los modelos corrientes, habría unos extremos naturales del clima, que se añadirían de forma significativa a la gravedad potencial (ref. 7. 3).

A pesar de las amplias variables especiales y temporales, creemos, que un útil, aunque burdo, umbral respecto de los efectos desastrosos, cabe definirlo cuando el tiempo se ve perturbado lo suficiente como para trastornar la productividad agrícola en las grandes regiones proveedoras de alimentos de Norteamérica, Europa y Asia. Más allá de este umbral, unas graves perturbaciones se extenderían por África, Sudamérica y Australia. Podemos calibrar cualquier elección de un umbral respecto de la cantidad de humo, considerando pasados descensos de temperatura.

Las temperaturas descendieron y las cosechas se estropearon después de algunas importantes erupciones volcánicas. La conexión se entendió por primera vez en 1784, por parte del Polifacético Benjamín Franklin, que propuso que las heladas tempranas y el mal tiempo del invierno de 1783-1784 se debieron a una «niebla seca», que había observado durante varios meses en el verano anterior. La niebla, en palabras de Franklin, hizo palidecer los rayos del Sol, y enfrió la Tierra. Especuló que

si la «niebla» no era causada por el polvo meteórico, debía de haberla originado una «vasta cantidad de humo», emitida aquel verano por los volcanes islandeses.

Tal vez el caso reciente mejor conocido es el suceso que se produjo en la isla de Tambora, en lo que es ahora Indonesia, en abril de 1815. Esta explosión volcánica, una de las más violentas de los tiempos históricos, se escuchó en Nueva Guinea, y en Sumatra, a 2.000 km de distancia (refs. 7.4, 7.5). Poco después, en pleno mediodía reinaba la oscuridad como en una noche sin luna, en Java, a centenares de kilómetros de distancia. Dos semanas después, las temperaturas estaban por debajo del punto de congelación en Madrás, India (a finales de abril de 1815). Meses después, las nevadas en Europa se describían como «pardas o del color de la carne», a causa de las cenizas volcánicas en los copos de nieve. Después de que los restos estratosféricos de la explosión se hubiesen extendido a nivel mundial, la entrada de radiación solar en la superficie de la Tierra cayó hasta un promedio del 10%, y la temperatura media global descendió más o menos 1 °C. Al año siguiente, se produjeron unas temperaturas locales que fueron las más bajas en toda la historia meteorológica de Estados Unidos, aunque de promedio sólo unos 3 °C (5 °F) por debajo de lo normal. Las fluctuaciones resultaron más graves. Aquel verano de 1816 fue conocido más tarde, en el folklore de Nueva Inglaterra como «un año para helarse hasta morir». Hubo nieve en junio, y heladas en julio y agosto. En New Haven, Connecticut, la temperatura fue la más fría en casi dos siglos. En las calles de Nueva York cayeron desde el cielo gran número de pájaros muertos. Se malogró la cosecha de maíz de Nueva Inglaterra. La agricultura se vio en peligro en Carolina del Norte: «El tiempo muy seco y muy frío en primavera y verano hizo mucho daño a nuestros campos de grano, y con corazones tristes y turbados reunimos nuestra segunda cosecha de heno y nuestra cosecha de maíz, que fueron tan escasas que sólo conseguimos una tercera parte de lo que, por lo común, obteníamos, y nos preguntamos si el frío continuaría hasta la cosecha del año siguiente.» (De unos colonos moravos en Carolina del Norte [ref. 7.5].) La cosecha de azúcar fue aún más escasa en las Indias Occidentales británicas, y plantadores y comerciantes de la isla del Caribe de St. Kitts pidieron ayuda alimentaria del extranjero para «asegurarse contra los horrores del hambre». A causa de la magra recolección de heno, los ani-

males de granja se estaban muriendo de hambre en la primavera de 1817. Ya se habían casi comido toda la semilla para las nuevas cosechas. En Nueva Escocia, en muchos Estados alemanes y en Marruecos se prohibió la exportación de piensos para ganados. Las cosechas de cereales (en especial trigo, avena y patatas) se echaron a perder en Europa occidental, donde se llamó a 1816 «el año sin verano».

También recibió el nombre de «invierno de pobreza» y «el año de los mendigos». El hambre asoló Irlanda. Fue el verano en el que se escribió *Frankenstein,* y un clérigo suizo describió a 1816-1817 como los años del «hambre, la necesidad, la enfermedad, la muerte, el desempleo en las fábricas, el estancamiento del comercio, con un tiempo calamitoso». Hubo saqueos de víveres en Inglaterra y en Francia, hambre en Italia y carestía en el Imperio otomano. Enfermedades debidas a la desnutrición, como la pelagra y el escorbuto se convirtieron en algo frecuente. La inanición pudo aún haberse extendido más a no ser por masivas importaciones de grano desde Estados Unidos y, en especial, desde Rusia. Se convirtieron en endémicos la vagancia, el pedir limosna, los robos, los saqueos y los tumultos. La pobreza y el hambre llavaron de una manera natural a la violencia. Bandas de malhechores irrumpieron en las casas irlandesas en busca de alimentos. En Inglaterra, en un caso en absoluto atípico, 1.500 personas, con porras provistas de pinchos metálicos y pancartas en las que se leía «Pan o sangre» se aglomeraron en las calles, destrozando las viviendas a su paso. Abundaron los incendios intencionados. Los jurados se mostraron renuentes a condenar a los alborotadores. El gobierno empleó a la Policía y al Ejército para reprimir los tumultos y usó las obras públicas y los reclutamientos militares para proporcionar subsistencias a la gran cantidad de hombres que se habían quedado desempleados. Pero, al parecer, no se tomaron disposiciones semejantes para las mujeres y los niños. La gente empezó a comer pan hecho con serrín y paja y carne procedente de animales muertos y en descomposición. He aquí un relato de 1817 de Württemberg:

> Se veía a personas que merodeaban en torno de las ciudades y los pueblos, con aspecto de cadáveres y, entre ellos, muchedumbres de niños que lloraban pidiendo pan. El hambre y la alimentación irregular produjeron miseria

> y enfermedades crónicas entre unos, estallidos de frenesí entre otros; los que se hallaban en una condición más miserable se encontraron, al cabo de no mucho tiempo, atrapados por las leyes adoptadas para la protección de la propiedad privada.

Una medalla acuñada para recordar el hambre en el Sur de Alemania rezaba así: «Grande es la congoja, Oh, Señor, ten piedad.» Incluso hubo un resurgimiento del interés hacia la religión (y, en Alemania, antisemitismo). Un gran número de personas emigró a Estados Unidos y a Rusia y «se produjo una especie de estampida desde la fría, desolada y agotada Nueva Inglaterra, a esta tierra de promisión: Ohio».

Se ha descrito como «la última gran crisis de subsistencias en el mundo occidental» (ref. 7.5). Ocurrió, es cierto, sólo unos cuantos años después del final de las guerras napoleónicas, pero los historiadores de esos acontecimientos atribuyen poco de esta agonía humana, incluso en Europa, a las guerras. Se vio acompañado, y pudo ser la causa de epidemias de tifus y plagas. En Bengala se originó, en 1816-1817, una pandemia de cólera. Aunque este clima anormal se restringió sobre todo al nordeste de Estados Unidos y a Europa occidental, se extendió incluso hasta la mitad oriental de la India, donde la no presentación de los monzones diezmó la cosecha de granos.

Todo esto fue el resultado de un descenso de la temperatura global media de sólo casi 1 °C (casi 2 °F). Queda claro que unos pequeños cambios en la temperatura pueden tener importantes consecuencias, aunque geográficamente localizadas (refs. 7.6 7.7). Han existido varios otros casos en los tiempos históricos, fuertemente sugestivos de «invierno volcánico», y por lo menos uno de ellos fue considerablemente más grave que el de Tambora (véase recuadro).

Una noche por debajo del punto de congelación es suficiente para destruir la cosecha asiática de arroz. Una caída local de un promedio de 2 a 3 °C es suficiente para destruir toda la producción de trigo de Canadá, y de 3 a 4 °C toda la producción de grano. Las cosechas de Ucrania y del Medio Oeste estadounidense podrían verse gravemente dañadas por una caída de temperatura de 3 a 4 °C (refs. 3.7, 3.11). Un descenso de 5 °C haría

retroceder a la era glacial en lo que se refiere a las temperaturas globales (ref. 7.8). Una bajada de 10 °C, acompañado del oscurecimiento del sol (figura 4) devastaría los ecosistemas herbá-ceos en el del Hemisferio Norte (a pesar de su mucha mayor resistencia a las temperaturas que las mimadas cosechas de Estados Unidos); aquí parece poder aplicarse algo parecido a un umbral *biológico* de función de escalón (ref. 7.9). Una caída en la temperatura de 10 °C también representa el clima más frío en el apéndice de la era glacial Wisconsin. Pero se ha calculado que la temperatura terrestre desciende de 5 a 10 °C incluso en los menos rigurosos inviernos nucleares (figuras 4, 6), y pueden tener lugar descensos de temperatura mucho más importantes (refs. 2.2, 3.14; figuras 4, 6).

Esto nos proporciona una sensación de dónde debe encontrarse el umbral: la inyección en la atmósfera de humo suficiente produce unos cuantos grados (tal vez de 1 a 4 °C) de descenso en las temperaturas terrestres.

¿Cuánto humo representa esto? Necesitamos alguna medición de cuánto humo se precisa. Un medidor conveniente de la extensión de qué finas partículas de absorción en la atmósfera bloquean o atenúan la luz solar lo constituye un número denominado la «profundidad óptica» (ref. 7.10). Empleado de forma corriente en meteorología y en astronomía, se mide o calcula para el caso de que el Sol se encuentre en su punto medio. Cuanto más lejos se encuentre el Sol del cénit, más largo es el camino inclinado de la luz solar a través de la atmósfera, y por lo tanto mayor es la absorción de la luz solar y más oscuridad y más frío puede alcanzar a la tierra o al océano que se encuentran por debajo. A una profundidad óptica de cero, no existe el menor efecto; a una profundidad óptica de 1, resulta más significativamente oscura; y a una profundidad óptica de varias unidades, un grave cambio climático empieza a ponerse en marcha. De este modo es posible calibrar la gravedad de un invierno nuclear al especificar el valor de este parámetro clave: la profundidad óptica de las (principales) nubes de hollín que generan el frío y la oscuridad.

Podemos tener algunas intuiciones de lo que significan las diferentes profundidades ópticas al contemplar el registro histórico de las explosiones volcánicas y sus asociados efectos climáticos (véase recuadro). Pero resulta vital tener en mente (Véase figura A2, Apéndice A) que, una cierta profundidad ópti-

ca debida a las trasparentes gotas de ácido sulfúrico de las explosiones volcánicas (por ejemplo, Tambora), posee un efecto climático mucho menor que la misma profundidad óptica para las oscuras partículas de hollín, los agentes principales del invierno nuclear. En ambos casos, la profundidad óptica *total* procede de la luz absorbida y reflejada (o «dispersada») por la partícula. Para las gotas de ácido sulfúrico (o cristales de hielo o polvo de silicatos), la dispersión es más importante que la absorción. En lo que se refiere al hollín, la absorción es más im-portante que la dispersión. Cuando discutimos acerca del invierno volcánico, las profundidades ópticas se refieren sólo a la dispersión. Pero, en la discusión que sigue del humo del invierno nuclear, las profundidades ópticas que describiremos son sólo las pertenecientes a la absorción. La difusión, en general, empeoraría aún más las cosas.

Cuando la profundidad óptica media de absorción del humo es cero, se trata de un día claro; una profundidad óptica de cero constituye sólo otra forma de decir que no hay en el cielo ninguna nube (de hollín), ni neblina, ni niebla. La profundidad óptica de absorción se escribe, por regla *general como* T_a, donde el símbolo es la letra griega tau, y el subíndice «a» nos recuerda que estamos considerando la absorción y no la dispersión. Un valor $T_a = 0,2$ corresponde a una disminución media en la luz solar en la superficie de la Tierra de un 30%; originaría un promedio de unos cuantos grados de descenso en la temperatura terrestre, más o menos, 6 millones de toneladas de humo de hollín uniformemente distribuido por uno de los hemisferios de la Tierra. Resultaría así algo mucho peor que los acontecimientos que siguieron a la explosión de Tambora. Podemos considerar esto un «umbral» en el cual las anomalías climáticas a escala global comienzan a amenazar la temperatura.

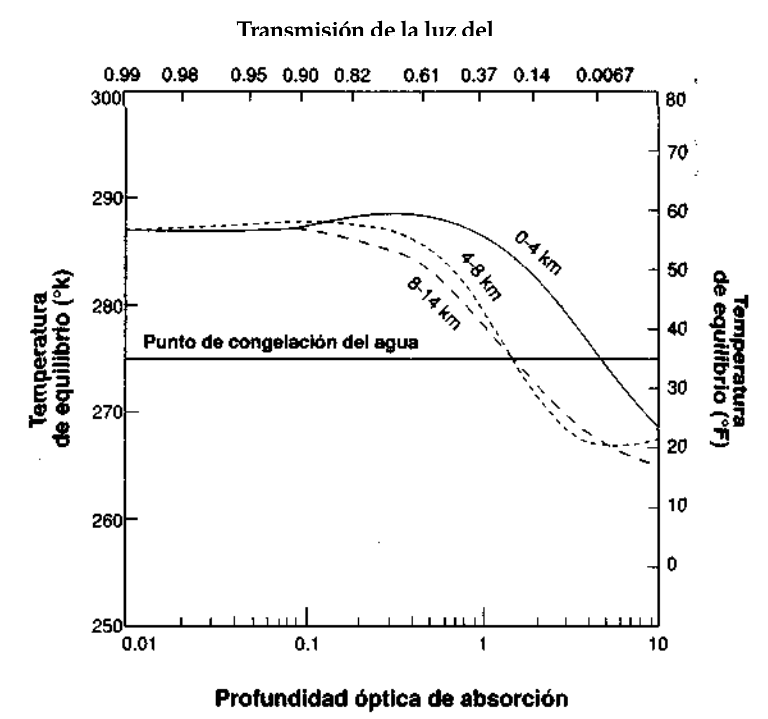
Sin embargo, nosotros, los humanos, aún no somos muy buenos al prever las respuestas climáticas para tales cambios moderados en la intensidad de la luz solar que alcanza el suelo. Y queremos elegir un umbral que tenga sentido para aquellos que sienten que necesitan —incluso con las apuestas tan elevadas— un considerable margen de error ante la perspectiva de que el invierno nuclear pueda empezar a afectar a la política-Según esto, realizaremos una estimación muy cauta del valor promedio de T_a, justo en el umbral de unos importantes efectos globales: un valor 5 *veces* mayor, que corresponde a $T_a = 1,0$, y

generado por unos 30 millones de toneladas de humo de hollín. En los casos típicos (cf. figura 4), T_a= 0,5 producirá un descenso de temperatura de 4 a 6 °C; y T_a = 1,0 producirá un des-censo de hasta 10 °C, el suficiente para barrer nuestra agricultura en la estación del crecimiento. Todos esos casos son para humo a unas elevadas altitudes. (En general, los descensos mayores de temperatura se hallan asociados con mayores cantidades de humo a alturas más elevadas durante grandes períodos de tiempo por encima de las extensas masas terrestres.) Un valor T_a=2,0 producirá un descenso de la temperatura superficial de hasta 15 °C, a menos que el humo se encuentre por completo en la parte más inferior de la atmósfera, en cuyo caso el descenso en la temperatura sería sólo de 3 a 4 °C. Para T_a = 3,0 los correspondientes descensos de temperatura son de 20 °C y 10 °C. Dado que, en la mayoría de los casos, el humo se encontraría a elevadas altitudes (véase figura 2), un umbral de profundidad óptica de T_a = 1 parece conservador en extremo para efectos climáticos importantes, puesto que el humo permanece en el aire sólo durante unas semanas.

Al deducir este umbral, no queremos decir que cualquier profundidad óptica mayor que 1,0 cause un invierno nuclear, mientras que cualquier profundidad óptica inferior a 1,0 no causaría efectos en absoluto. Aún sigue teniendo aplicación la curva logística. Aquí hay una región de transición de, por lo general, resultados peores con crecientes cantidades de humo, extendida al ámbito de profundidades ópticas, de absorción media que en la actualidad, se creen plausibles después de una guerra nuclear; por ejemplo, de 0,1 a 10. Hacemos énfasis en que los descensos de temperatura asociados con valores inferiores de T_a, también pueden actuar de una manera enorme y extender los daños. En el caso de T_a = 0,2 se produciría un clima mucho peor que el de 1816-1817. Con T_a = 0,2 sería ya suficiente. La figura 4 muestra, *grosso modo*, cómo se prevé que vanasen las temperaturas terrestres continentales con profundidades ópticas de absorción dentro de este límite.

El definir un ataque nuclear que llegue a producir un invier-no nuclear se reduce, sobre todo, a valorar la cantidad de humo generada. El humo se distribuiría con rapidez por encima del hemisferio Norte (ref. 7.11). Por lo tanto, la cantidad de humo enerada dividida por el área que cubre corresponde a un valor medio de T_a (ref. 7.10). La mayoría de las recientes valoraciones

FIGURA 4



técnicas han llegado a la conclusión de que una emisión en la atmósfera de unos 30 millones de toneladas de hollín (ref. 3.13) sería suficiente para originar unas importantes perturbaciones climáticas a nivel planetario, lo cual está de acuerdo con la definición del aproximado umbral de profundidad óptica de $T_a = 1$-Recalcamos una vez más que se trata de una estimación conservadora, que corresponde a un umbral próximo al punto *b,* y no al *a,* en la figura 3. (Compárese asimismo con las figuras 3 y 4.) El cálculo de qué profundidad óptica del humo se genera en una guerra nuclear dada, requiere datos acerca de la abundancia de materias combustibles en las zonas que constituyen el blanco, la cantidad de oscuridad debida al humo producido, el tamaño de las partículas de humo y el índice de desaparición —por ejemplo, a causa de la lluvia— de las partículas. El equipo del TTAPS estimó, en su guerra nuclear básica, $T_a = 1{,}4$ para e

El equilibrio promedio de la temperatura superficial depende de la profundidad óptica de absorción del humo, (ref. 7.10), para el humo inyectado en tres regiones de altitudes necíficas (en la troposfera inferior, de 0 a 4 km; en la troposfera superior, de 4 a 8 km, n la estratosfera inferior, de 8 a 12 km). En esos cálculos aproximados, el humo queda íado en cada capa. Se aplica a la cantidad de humo directamente por encima /nrofundidad óptica» en la parte inferior de la figura logarítmica, y abarca desde una rotundidad óptica vertical). La escala de profundidad óptica en la parte inferior de la fnura es logarítmica, y abarca desde una profundidad óptica de 10, en el margen del lado derecho, a 1, a 10 (= 0,1), a 10 (= 0,01), en el margen del lado izquierdo. Una escala así es una forma de comprimir un amplio ámbito de profundidades ópticas en una figura de razonable tamaño y claridad.

El índice de absorción y de dispersión visible (ref. 7.10) a la absorción y dispersión infrarroja térmica, se da por supuesto que es de 10:1, típica del hollín. La absorción es mucho más importante que la dispersión. Las temperaturas que se muestran son promedios terrestres; las disminuciones de temperatura por encima de los continentes son dos veces superiores que las de los continentes y océanos juntos. La fracción de luz solar transmitida por la atmósfera se muestra en la escala superior para el caso en que el Sol esté por encima de la cabeza (véase ref. 7.10). Cuando está cerca del horizonte o si los promedios de luz diaria son tenidos en cuenta, la atenuación será mayor. La atenuación promedio puede extraerse de la figura si consideramos una profundidad óptica 1,7 veces mayor que laque resultaría apropiada para el Sol en el cénit. Si no existe una cantidad de humo dentro del alcance correcto (entre, más o menos, 0,03 y 0,1) —y si el humo está en la atmósfera media (por debajo de los 8 km)—, en ese caso el resultado es un leve recalentamiento en vez de un enfriamiento. Pero eso sólo hace aumentar entre 1 y 2, que difícilmente cabe considerar un «verano nuclear». Esta figura se basa en unos cálculos de un modelo unidimensional radiactivo-convectivo, por T. Ackerman, con cambios de temperaturas continentales inferiores reducidos por un factor de 1,5, para tener en cuenta la influencia moderadora de los océanos. Las temperaturas se dan en el margen de la izquierda en grados Kelvin (K). El punto de congelación del agua destilada es de 273 = 0 (= 32). Así, 260 = -13, 270 = -3, 280 = +7, etc. En el margen de la derecha se da una escala Fahrenheit. (Véase asimismo Apéndice A.)

---

humo urbano (más una adicional disipación de la profundidad óptica del polvo de, aproximadamente, 2).(*)

(*) La mayoría de las simulaciones por ordenador en tres dimensiones, para hacer más fáciles los cálculos, considera sólo el humo e ignora el polvo en las alturas elevadas, que puede contribuir a la mitad de la profundidad óptica de dispersión. El polvo se produce por las explosiones de gran Potencia en el suelo contra blancos duros (silos de misiles, centros de control y de mando subterráneos, etc.). Las fuerzas nucleares de Estados Unidos han sido provistas en la actualidad de muchas de estas armas de gran explosión. El polvo a altitudes elevadas constituye una parte irreduci-ble de la guerra nuclear con los arsenales actuales y debería considerarse con cuidado en futuras simulaciones. El fenómeno de las multiexplosio-nes - por ejemplo, cuando las partículas de una explosión se ven succio-nadas a alturas elevadas por una explosión cercana—, es también algo que necesita volver a examinarse.

Hemos llevado a cabo un análisis completo del alcance de la probabilidad de esas inyecciones de hollín y de las propiedades de absorción (ref. 3.14). Los valores más probables de t_a, en utia guerra nuclear importante, están, según afirmamos, entre 0,5 y 3, aunque son asimismo posibles tanto valores más pequeños como otros más grandes. Nuestros valores (ref. 3.14) de posible absorción de las profundidades ópticas promedias sobre el Hemisferio Norte, poseen un ámbito de 0,3 a 10 (dependiendo en extremo de los blancos y de cómo se luche en una guerra nuclear). Esto corresponde a masas de hollín atmosférico entre 10 y aproximadamente 300 millones de toneladas.

Esto es lo que da pie a que se genere el invierno nuclear.

Diez millones de toneladas de hollín.

Nuestra tecnología debe enfrentarse a este reto.

INVIERNO VOLCÁNICO

> Entre las 3 y las 4 de la tarde del mencionado 29, comenzó a llover barro y cenizas en Caysasay (a 20 km del volcán) y esta lluvia duró tres días. La circunstancia más aterradora fue que todo el firmamento estaba amortajado en tal oscuridad que no se hubiera podido ver una mano colocada delante de la cara, a no ser por el siniestro resplandor de los incesantes relámpagos. Ni tampoco podíamos utilizar luces artificiales, puesto que [éstas las había] apagado el viento y las copiosas cenizas, que penetraban por cualquier parte. Todo fue horror durante aquellos tres días, que parecieron más bien lóbregas noches.

Del relato de los acontecimientos que siguieron a la erupción, el 29 de noviembre de 1754, del monte Taal, en Filipinas, tal y como los describió un testigo presencial, un tal Padre Buencuchillo. Citado en «El volcán Taal y su reciente destructiva erupción», por Dean Worcester, *National Geographic Magazine 23* (4), abril de 1912, 320.

En una importante erupción volcánica, se inyectan vastas cantidades de material, desde enormes pedruscos, que caen

muy cerca, a ceniza volcánica, que es transportada por los vientos de bajo nivel, a gases ricos en azufre que, en las elevadas altitudes estratosféricas, forman gotitas de ácido sulfúrico. Después de las explosiones volcánicas cerca de la Península de Yucatán, en marzo-abril de 1982, los satélites terrestres y las estaciones de láser-radar en tierra («Lidar»), observaron una nube de finas gotas de ácido sulfúrico formada en la parte de la estratosfera por encima del volcán, que se dispersaba, en cuestión de semanas, y alrededor de todo el mundo, en longitud, y luego, en materia de meses, en latitud hasta cubrir la mayor parte del Hemisferio Norte. En siete semanas, del 10 al 20% de estos aerosoles estratosféricos habían cruzado el Ecuador hasta el Hemisferio Sur. (Esto parece la pauta de dispersión que se espera de las finas partículas de humo inyectadas en la atmósfera superior por el incendio de las ciudades y depósitos de petróleo atacados en una guerra nuclear.) Las profundidades ópticas de dispersión estimadas sólo alcanzaron, como máximo, el valor de unas cuantas décimas. Durante el siguiente mes de agosto se registraron temperaturas bajas en el nordeste de Estados Unidos, con una nevada, en ese mes de agosto, en Vermont y temperaturas medias por debajo de los 40 en la escala Fahrenheit (varios grados por debajo del punto de congelación en la escala centígrada). Algunos científicos han sugerido que el frío invierno de 1984-1985 se debió al efecto persistente de esas finas partículas.

Cierto número de volcanes registrados en tiempos históricos han generado grandes cantidades de finas partículas en la estratosfera. Pero la cantidad de aerosoles *estratosféricos* —que es lo que cuenta aquí—, no depende sólo del tamaño de la erupción; en ocasiones, pequeños acontecimientos volcánicos producen más aerosoles a alturas elevadas que otros más grandes. En lo que se refiere a unos pocos casos en que la profundidad óptica de dispersión (no de absorción) de las partículas estratosféricas pudo estimarse en torno a 1, los descensos de temperatura hemisférica resultantes se predijeron entre unas cuantas décimas y 1 °C. Donde existen registros climáticos, éste es exactamente el descenso de temperatura que se había observado. Esta obra, de James B. Pollack, Brian Toon y Cari Sagan, del equipo TTAPS (realizado a mediados de los años 1970), fue otro estudio precursor del camino hacia el invierno nuclear (véase Apéndice C). Nuestro éxi-to con los volcanes ya sugiere que la ciencia puede realizar en la actualidad cálculos semejantes con bastante exactitud. (Nótese de nuevo que una profundidad óptica de alrededor

de 1 para las partículas transparentes tendrá mucha menor influencia climática que una profundidad óptica de, aproximadamente, 1 para, de todos modos, una idéntica oscuridad con partículas de hollín; véase figura A2, en el Apéndice. Tanto las gotas de ácido sulfúrico como las partículas de hollín dispersan la luz visible, pero el hollín es mucho más absorbente.)

La erupción de Tambora, Indonesia, en 1815, que produjo el famoso «año sin verano» se estima que tuvo una profundidad óptica de dispersión en torno a 1,2, y tuvieron que pasar dos años y medio para que descendiera a, más o menos, 0,4. La célebre explosión de Krakatoa, en Indonesia (1883), que produjo extrañamente bellas puestas de sol en todo el mundo, tuvo una profundidad óptica de dispersión de alrededor de 0,5 y el correspondiente descenso de la temperatura global de unas décimas de grado centígrado. (Las extensas tormentas de polvo del Sahara poseen unas profundidades ópticas de dispersión en torno de 0,7; una semana después, cuando el polvo había ya cruzado el océano Atlántico —moviéndose a bajas velocidades y alturas más bajas que los aerosoles volcánicos estratosféricos—, las profundidades ópticas estuvieron cerca de 0,2.)

La velocidad con que se produce el enfriamiento terrestre a continuación de una explosión volcánica constituye otra manera en la que los volcanes nos ayudan a comprender el invierno nuclear. En un estudio de los efectos de las catástrofes volcánicas de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, «el rasgo más destacable de nuestros resultados es la velocidad de la respuesta del sistema climático. Nuestros resultados proporcionan un apoyo empírico para el breve tiempo de respuesta, sugerido por recientes intentos de simular los efectos climáticos de un intercambio nuclear». El mismo estudio ha descubierto que las temperaturas globales, por lo general, regresan a la normalidad unos dos años después de la explosión.

La erupción más importante de los últimos 10.000 años, cuyos efectos han sido determinados cuantitativamente, parece haber sido la del monte Rabaul, en la isla de Nueva Bretaña, en la actualidad en la República de Papúa-Nueva Guinea. Esta explosión ocurrió en el año 536. Richard B. Stothers, de la NASA, estima que la profundidad óptica de dispersión de la explosión de Rabaul fue de unos 2,5. Si las gotas de ácido sulfúrico generadas fuesen dispersadas uniformemente sobre el Hemisferio Norte, como fue el caso de El Chinchón, cabe esperar un oscurecimiento significativo y

un enfriamiento durante un período de meses o más, para la misma clase de análisis que predice el invierno nuclear. De hecho, los registros estatales del Sur de China para el año 536 informan de nieve y heladas en julio y agosto, la muerte de la subsiguiente cosecha de cereales y una gran hambre durante el otoño siguiente. En algunas regiones del Sur de China, del 70 al 80% de la población se cree que murió de hambre. El correspondiente descenso de la temperatura fue tal vez de unos cuantos grados centígrados. Un registro mesopotámico del mismo período afirma que «el Sol se oscureció y su oscuridad duró dieciocho meses; cada día brillaba durante cuatro horas, pero, incluso así, su luz no era más que una débil sombra».

Los archivos históricos chinos, los más extensos de cualquier civilización de la Tierra hasta los tiempos modernos, revelan cierto número de otros ejemplos. La explosión del monte Hekla, en Islandia, hacia 1120 a. de C, dejó tras su estela, que recorrió la mitad del planeta, observaciones tales como «llovió polvo... Durante diez días llovieron cenizas y la lluvia resultó gris... Nevó durante el sexto mes [julio en el calendario chino]. La nieve tenía una profundidad superior a un pie... Las heladas mataron a cinco cereales. Se estropearon las cosechas de pienso».

El monte Etna, en Sicilia, tuvo una erupción el año 44 a. de C. Al año siguiente, los cronistas chinos informaron: «El Sol era de un color blancoazulado y no arrojaba sombras. Al mediodía había sombras pero muy tenues... Las heladas mataban las cosechas y extendían el hambre. Las cosechas de trigo se estropearon y no hubo recolección en otoño.» Sesenta años después, un historiador romano escribió acerca de los acontecimientos en Italia durante aquella época: «Hubo... un oscurecimiento de los rayos del Sol. Durante todo el año su orbe se volvió de un rosa pálido y sin radiación... Y los frutos, imperfectos y a medio madurar, se marchitaron y se apergaminaron a causa de la frialdad de la atmósfera.» Este cronista fue Plutarco, que asoció estos sucesos con un «ordenamiento divino... tras el asesinato de Julio César», en los Idus de marzo del año 44 a. de C.

La naturaleza a nivel mundial de todos estos efectos puede establecerse por la datación de los anillos de los árboles, en los que el frío origina daños a causa de la helada o unos anillos inusualmente estrechos; y por las gotas de ácido sulfúrico (que llegado el momento caen a la Tierra desde la es-atosfera) y la ceniza volcánica, ambos preservados —lami-nados entre las capas de nieve y hielo— en el Ártico y en el Antártico.

Estas distintas evidencias apuntan a un cuadro consistente: importantes erupciones volcánicas que inyectan finas partículas transparentes en la estratosfera, donde se esparcen a nivel mundial, y persisten durante meses o años, oscureciendo el Sol cuando las profundidades ópticas que se esparcen son mayores que 1, enfrían la Tierra e inducen a nivel general fracasos en las cosechas, así como, en los casos más graves, hambres en masa. En el invierno nuclear, las partículas finas se inyectan en la alta atmósfera, desde muy diferentes ubicaciones, más o menos de forma simultánea. Las partículas individuales son mucho más absorbentes. El frío y la oscuridad resultantes pueden ser mucho más graves.

Obsérvese que el umbral de efectos climáticos para la profundidad óptica de dispersión igual a 1 para las partículas no *absorbentes* (transparentes) sugiere, de una manera diferente, que nuestra elección de un umbral para el invierno nuclear de $T_a = 1$, para las *absorbentes* partículas de hollín, resulta muy conservadora. Dejando el humo aparte, una profundidad óptica de dispersión en torno de 1 es algo que cabe esperar (ref. 2.2) cuando se producen unas explosiones en tierra contra ciertos blancos (por ejemplo, silos de misiles), alejados de las ciudades, en una importante guerra nuclear (ref. 7.12).

HIROSHIMA Y EL INVIERNO NUCLEAR

La ciudad japonesa de Hiroshima fue borrada del mapa el 6 de agosto de 1945, con un arma de un poder explosivo de, aproximadamente, 13 kilotones. Resultaron muertos unos 200.000 hombres, mujeres y niños, muchos de los cuales tardaron algún tiempo en fallecer. El coronel Paul W. Tibbet, Jr., fue el piloto del *Enola Gay*, el «B-29» que, por primera vez en la historia humana, arrojó una bomba atómica sobre una ciudad. Había puesto al avión el nombre de su madre. He aquí su descripción de lo que vio:

> Lo que había sido Hiroshima se había convertido en una montaña de humo... En primer lugar vi una especie de hongo de polvo ardiente —al parecer con algunos restos incorporados —, que subió hasta casi 7.000 m de

> altura. Luego una nube blanca ascendió desde su centro hasta unos 13.000 m. Una espantosa nube de polvo se había extendido alrededor de toda la ciudad. Se veían incendios en los límites de la urbe, al parecer provocados por los edificios que se derrumbaban y por la rotura de las conducciones principales de gas. [Donald Porter Geddes, Gerald Wendt y otros, eds., *The Atomic Age Opens* (Nueva York: Pocket Books, agosto de 1945), 21.]

La bomba de Hiroshima provocó una tormenta de fuego que dejó ruinas aplanadas y desoladas; una gran parte de la ciudad, literalmente, se había convertido en humo. (Véase foto 3.) El *New York Times* (7 de agosto de 1945) describió a Hiroshima como tragada «en una nube impenetrable» de polvo y humo. (Para una visión desde el suelo, véase Michikiko Hachiya, *Hiroshima Diary,* W. Wells, ed. [Chapel Hill: University of North Carolina Press, 1955]; la novela de Masu-ji Ibuse, *Lluvia negra,* traducida al inglés por John Bester [Nueva York: Bantam, 1985], e *Hiroshima,* de John Hersey [Nueva York; Knopf, 1946].)

Un médico joven, T. Akizuki, realizó un relato en calidad de testigo presencial de las consecuencias inmediatas tras la explosión de Nagasaki, dos días después, también resultado de una sola bomba nuclear arrojada por un «B-29».

> El cielo era negro como boca de lobo, cubierto con densas nubes de humo; bajo aquella negrura, por encima del suelo, colgaba una niebla de un color pardoama-rillento. Poco a poco, el velo sobre el suelo se hizo visible y lo que se divisaba más allá me dejó paralizado por el horror. Todos los edificios que veía estaban ardiendo... Los árboles de las cercanas colinas humeaban, como si fuesen las hojas de las batatas plantadas en los campos. Pero el decir que todo ardía no resulta suficiente. El firmamento estaba negro, el suelo parecía escarlata y, entre medias, colgaban nubes de humo amarillo. Tres clases de color —negro, amarillo y escarlata— suspendidos de manera ominosa por encima de la gente, que corría por allí como hormigas que tratasen de escapar. .. ¡Qué océano de fuego, qué cielo de humo! Parecía el fin del mundo. [Akizuki, *Nagasaki 1945* (Londres: Quartet. 1981). Véase asimismo Takasshi Nagai, *We of Nagasaki,* I. Shirato y H. B. L. Silverman, eds. (Nueva York: Duell, Sloan and Pierce, 1951).]

Una lluvia negra radiactiva cayó sobre Hiroshima y Nagasaki; en Hiroshima la lluvia se vio acompañada de un frío repentino, y muchos sobrevivientes «temblaban aunque estuviesen en pleno verano» *[Hiroshima y Nagasaki: los efectos físicos, médicos y sociales de los bombardeos atómicos,* Eisei Ishikawa y David L. Swain, traductores al inglés (Nueva York: Basic Books, 1981), 92]. Sin embargo, no se produjo ningún invierno nuclear después de lo de Hiroshima y Nagasaki porque el incendio de una o dos ciudades de tamaño medio no llega a oscurecer en absoluto un hemisferio, como ocurre con una explosión volcánica importante.

Hoy, arsenales nucleares mundiales albergan casi 60.000 armas nucleares. Las armas estratégicas típicas son 10 a 100 veces más potentes que las bombas de Hiroshima y Nagasaki. El poder explosivo conjunto de los actuales arsenales mundiales es el equivalente a un millón de Hiroshimas. Y como nuestros cálculos sugieren, algo parecido a mil Hiroshimas, o a un centenar de ciudades grandes, que ardiesen todas a la vez, sí generaría en este caso un invierno nuclear mucho más grave que los sucesos que siguieron a la explosión volcánica de Tambora.

Capítulo VIII ELECCIÓN DE OBJETIVOS

Y el combate cesó por voluntad de los combatientes.

PIERRE CORNEILLE, *El Cid* (1636), acto IV, escena III.

Mientras las armas nucleares se creen esenciales para la seguridad nacional, se realizarán planes respecto de dónde se deben originar explosiones en los otros países. La existencia del armamento nuclear significa que los gobiernos deben comprometerse en planificar el asesinato en masa. Esta descripción Puede parecer muy dura, pero es por completo exacta. Las decisiones respecto de qué instalaciones hay que destruir y qué personas hay que matar (ambas cosas son difícilmente distinguibless) es lo que se llama «elección de objetivos, o de blancos» (*targeting).* A partir de cuanto sabemos hasta ahora, todos los planes de elección de objetivos —y, prácticamente, todos antes de 1983— se han llevado a cabo sin tomar en consideración en absoluto cualquier clase de conocimiento respecto del invierno nuclear. ¿Cuáles serían las consecuencias climáticas si los ante-riores planes de elección de blancos se hubiesen llevado a cabo? ¿O los planes actuales?

Los tipos y números de objetivos, y los números y explosivos

de alta potencia de las ojivas nucleares en los arsenales estratégicos, han quedado resumidos en cierto número de informes autorizados (ref 8.1), y según ellos hemos llegado a la conclusión de que, incluso un pequeño número de armas nucleares (en relación con el total de los arsenales mundiales, o lo que se proyecta hoy para las décadas siguientes), produciría el humo suficiente para cruzar el umbral óptico y producir el invierno nuclear. Pero la conclusión depende de los blancos escogidos. Menos de 100 grandes ciudades, que ardiesen simultáneamente, podría ser ya lo adecuado (refs. 2.2, 2.3). El humo debe elevarse hasta altas altitudes para producir un enfriamiento máximo, pero hoy ya sabemos que esto puede ocurrir aunque no prevalezcan las tormentas de fuego, en parte a causa del auto-desplazamiento hacia arriba del hollín calentado por la luz solar. La elección de las ciudades como blanco es un componente esencial de todos los planes para una guerra estratégica por parte de la OTAN, los franceses, los soviéticos (por ejemplo, ref. 8.2), así como también los chinos (ref. 8.3). EL Memorándum de Decisiones de la Seguridad Nacional (NSDM)-242, firmado por Richard Nixon, el 17 de enero de 1974 —no mucho antes de que se viese obligado a dimitir de la presidencia de Estados Unidos—, señala como objetivo de la estrategia de Estados Unidos, «la destrucción de los recursos políticos, económicos y militares que resulten esenciales para el poder, la influencia y la capacidad del enemigo para recuperarse, después de la guerra... como gran potencia» (ref. 8.4). Entre otros blancos, se incluyen naturalmente las ciudades. El almirante Noel Gayler (ex comandante en jefe de todas las fuerzas de Estados Unidos en el Pacífico; ex director de la Agencia de Seguridad Nacional y ex subdirector del Mando conjunto para la planificación de objetivos estratégicos), respondió así en su testimonio ante el Comité Económico Conjunto del Congreso y del Senado:

> ¿Serían alcanzadas las ciudades? Es de lo más probable. Los blancos de disuasión están en extremo conectados con ellas. Cualesquiera que sea la política declarada de todos los países, las armas previstas para alcanzar el liderazgo político, el control, la capacidad militar, la capacidad industrial, o bien la recuperación económica, no por ello dejarían de quedar alcanzadas las ciudades. Sea cual sea nuestra retórica, o la de ellos, en una guerra nuclear

generalizada, las ciudades quedarían destruidas y se incendiarían.

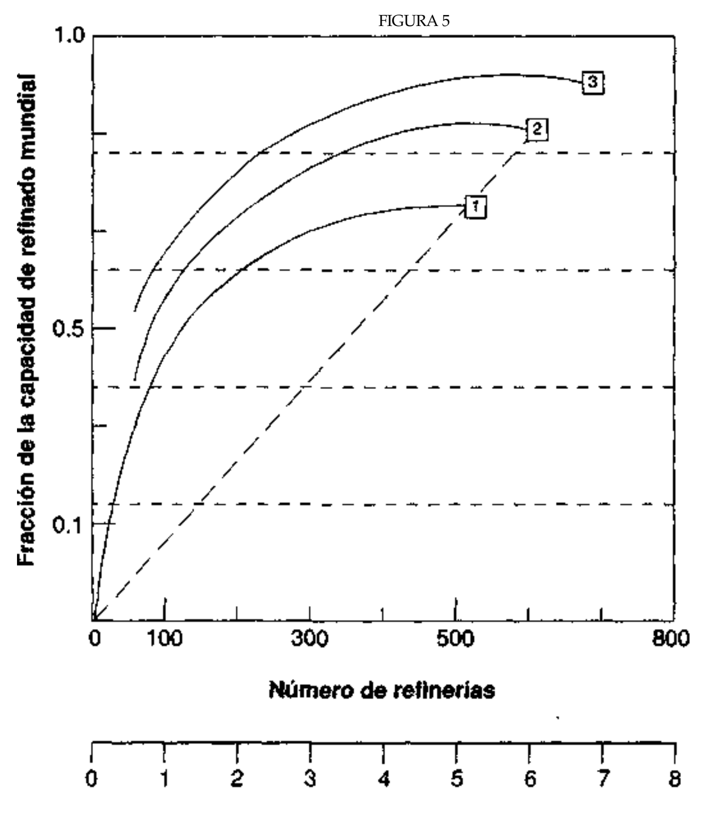
De lo cual se deduce que, en una guerra nuclear importante *(o* «intercambio central»), entre Estados Unidos y la Unión Soviética, resulta probable cierto nivel de invierno nuclear.

Los depósitos de petróleo de las naciones en guerra y sus fuentes de abastecimiento son, por sí solos, suficientes para causar perturbaciones climáticas importantes, únicamente con el lanzamiento de unos cuantos centenares de pequeñas ojivas nucleares, o menos, de un arsenal global de unas 60.000. Esta extrema facilidad se debe a que las instalaciones de refinado y almacenamiento de petróleo se hallan muy bien localizadas, y resultan en extremo vulnerables a las detonaciones nucleares, tras lo cual se producirían enormes nubes de humo, negro y aceitoso, al ofrecer blancos estratégicamente críticos para los planificadores de la guerra (refs. 8.6, 8.7).

Comparemos ahora la relativamente pequeña guerra nuclear —pequeña, por lo menos, según los actuales niveles— necesaria para generar un invierno nuclear, que es lo que se planea en la actualidad. Aquí, como en otras partes de este libro, trataremos sobre todo de los planes de guerra de Estados Unidos, no porque, necesariamente, sean menos restringidos que los planes bélicos soviéticos, sino porque sabemos bastantes cosas respecto de su contenido. En una aproximación, *grosso modo,* podemos dar por probables unos planes similares para unos niveles de fuerza comparables.

En el período 1945-49, antes de la primera explosión nuclear soviética, los blancos estratégicos de Estados Unidos cargaban el acento sobre las ciudades y las instalaciones de refinado y almacenamiento de petróleo. Ya en octubre de 1945, se había previsto un ataque nuclear aéreo sobre 20 ciudades soviéticas; en diciembre de 1947 (plan con nombre en clave *Charioteer),* el número de ciudades ascendía ya a 70, con la «comple-ta» destrucción de la industria petrolífera soviética. En *Dropshot,* un plan de elección de blancos completado a fines de 1949, el número de ciudades subía ya a 100, y se contemplaba «la destrucción del 75-85 % de [la] industria petrolífera, inclu-yendo las instalaciones de almacenamiento» (refs. 5.8, 8.4, 8.8, 8,9)

Como es natural, tales planes dependían de la producción de armamento nuclear, al mismo tiempo que la impulsaban.



Número de megatones necesarios para destruir
(dando por supuesto armas de 10 kilotones)

A medida que se desarrollaba la capacidad de las fuerzas de ataque y de represalia militar de los soviéticos, también comenzaron a constituirse unos objetivos elegidos en los planes de guerra estadounidense; pero la atención dedicada a las ciudades y a las instalaciones petroleras no por ello se dejaron de lado, sobre todo a causa del gran crecimiento en el número de armas nucleares y de sus sistemas de lanzamiento. En la Administración Kennedy, tuvieron «la más alta prioridad», las «fuer' zas capaces de destruir la sociedad urbana soviética», lo cual alcanzó la prioridad más elevada en la Administración Nixon' Se consideró un «prioridad importante» la posibilidad de retra-

La fracción de la capacidad refinadora mundial en lo que depende del número acumulado de refinerías. Se dan curvas para tres grupos de países: 1) Los Estados Unidos, sus aliados de la OTAN, la URRS y sus (actuales y antiguos) aliados del Pacto de Varsovia y China; 2) Los países del Grupo 1 más Oriente Medio, Japón, Australia y varias otras naciones íntimamente alineadas con las superpotencias; 3) Todas las naciones con una capacidad significativa de refinado. Para cada grupo, las refinerías individuales se ordenan por capacidad de refino, con las mayores colocadas en primer lugar. Una suma al azar de la capacidad de refinado correspondía a la línea larga a trazos (para los Grupos 1 y 2). Una segunda escala debajo de la figura indica el megatonelaje de las armas nucleares que se necesita para destruir el número acumulado de refinerías; una ojiva nuclear de 10 kilotones (más o menos equivalente en poder explosivo a la bomba atómica de Hiroshima) sería suficiente para destruir e incendiar cualquier refinería actual del mundo. [Datos sobre la capacidad de refinado tomados de *International Petroleum Encyclopedia* (Tulsa, Okla.: PennWell Publ. Co., 1986).)

Un análisis de los efectos de la sobrepresión del estallido sobre los depósitos de almacenamiento [basado en S. Glasstone y P. J. Dolan, *The Effects of Nuclear Weapons* (Washington, D. C.: Departamento de Defensa, 1977] muestra que una explosión en el aire de 10 kilotones destrozaría los depósitos de almacenamiento de petróleo sobre una área de 2 a 15 km^2, dependiendo del tamaño de los depósitos y de lo llenos que estuviesen. Los depósitos de almacenamiento son incluso más sensibles a las explosiones de bajo poder (en torno a 1 kilotón) que las refinerías; los contenedores típicos quedarían destruidos sobre un área de hasta 10 km^2 con una explosión en el aire de 1 kilotón ÍGIasstone y Dolan, 1977],

Dado que el poder explosivo de 1 a 10 kilotones es el característico de las armas nucleares tácticas, estas consideraciones subrayan el peligro de que tanto las armas tácticas como las estratégicas produjesen el invierno nuclear.

sar de modo significativo «la capacidad de recuperación de la URSS tras un intercambio nuclear y conseguir de nuevo el estatus de potencia militar e industrial del siglo xx». Incluso también se atribuyó a todo esto «la prioridad más elevada» en la Administración Carter (ref. 8.10).

Hacia 1960, las planificaciones bélicas dedicaron una amplia fracción de las fuerzas nucleares de Estados Unidos a las siguientes categorías de objetivos: refinerías de petróleo; fábricas de municiones; fábricas de carros blindados, redes ferroviarias e instalaciones de reparación, así como las industrias del cartón, acero, aluminio, cemento y eléctricas (ref. 8.11). Y todas estas instalaciones tienden a encontrarse en, o cerca, de las ciu-dades. Mientras que, a finales de los años 1940, sólo existían una docena de objetivos, a principio de los años 1960, ya había más de 40000 potenciales objetivos soviéticos dentro del plan estadounidense SIOP («Plan único integrado operacional»), es decir,. la detallada prescripción para una probable guerra nuclear global (ref. 8.4 ; véase asimismo la ref. 8.17).

Siempre han existido más objetivos que armas. La lista de

blancos ha crecido, en parte, para proveer de justificación a. unos arsenales nucleares aún mayores, y, en parte, por la quijo, tesca búsqueda, por ambos lados, de una «superioridad estratégica».

Resulta útil no olvidarse de que, tanto Estados Unidos como la URSS, realmente han efectuado planes de contingencia para, un primer ataque premeditado; en las primeras épocas a esto se le denominaba un ataque furtivo. En el ya «más completo» SIOP estadounidense, de la cosecha de finales de los años 1970, se afirma que incluía 4.400 blancos «Económico-Industriales» (E/I) y se preveían otros 3.600 E/I. Para las circunstancias no generadas (es decir, de represalia) los números son, respectivamente, 2.300 y 1.000 (ref. 8.12; cf. ref. 8.17). Los blancos E/I siguen teniendo prioridad, aunque de manera un tanto anacró-tica, en parte a causa de las modernas armas convencionales con tal potencia y precisión, que cabe esperar un desgaste sin precedentes en materiales (por ejemplo, blindados, aviones tácticos) en una guerra convencional. Ambos bandos se podrían quedar sin equipo en cuestión de semanas y «ganar» o «perder» la guerra dependería de conseguir más suministros, lo cual, a su vez, proporcionaría incentivos para la elección de blancos E/ I (ref. 8.13). A causa de la proximidad y coubicación de los objetivos estratégicos y E/I, las 200 ciudades mayores de la URSS constituyen, en efecto, un objetivo de Estados Unidos; también lo son el 80 % de las, aproximadamente, 900 ciudades soviéticas con una población por encima de los 25.000 habitantes (refs. 8.14,8.15).

Una proporción comparable de ciudades estadounidenses se halla sin duda también incluida en las listas soviéticas de objetivos (ref. 8.16). Existen en la actualidad pruebas de primera mano de que, en la crisis cubana de los misiles, de octubre de 1962, las ojivas nucleares soviéticas apuntaban sobre blancos «de ciudades como Washington y Nueva York y sobre las instalaciones militares estadounidenses y centros industriales» (ref.' 8.17). Efim Slavski, el ministro de Construcción de máquinas del medio ambiente —la agencia de cobertura para el programa soviético de armas nucleares—, le contó, en julio de 1968, a Andréi Sajarov, «hemos conseguido ser fuertes, más fuertes que los capitalistas; en ese caso habrá paz. Si los imperialistas emplearan el armamento nuclear, efectuaremos una represalia instantánea con todo lo que hemos logrado y destruiremos cada

uno de los objetivos que sean necesarios para lograr la victo-ria» A partir de esto, Sajarov llegó a la conclusión de que «nuestra respuesta constituiría un inmediato y completo ata-que nuclear sobre las ciudades y la industria del enemigo, así como sobre los objetivos militares» (ref. 8.18). En la guerra más reciente en la que se han empleado cohetes «estratégicos» (aunque sin armas nucleares), la mantenida entre Irán e Iraq durante los años 1980, se evidenciaron muy pocas inhibiciones respecto de la compensación de los blancos: se atacaron de manera rutinaria las ciudades.

A fines de los años 1980, los planes de Estados Unidos pusieron, en comparación, menos énfasis en la recuperación de la economía soviética, y más en la industria de la URSS para sostener la guerra. Podríamos decir que, en la actualidad, ya no se dedican demasiados esfuerzos para destruir, por ejemplo, plantas de fertilizantes, minas de carbón y fábricas de cemento, aunque sigue existiendo una gran prioridad respecto de las refinerías de petróleo, las fábricas de blindados y municiones y las instalaciones para reparación de vías férreas (ref. 8.19). Las ciudades y los depósitos de petróleo continúan siendo un blanco tan prioritario, que la amenaza de invierno nuclear ha quedado desdeñablemente reducida por las últimas doctrinas estadounidenses en la elección de blancos. Pero, ahora que la probabilidad de una guerra convencional en Europa ha disminuido en extremo, uno podría pensar que los imperativos para los objetivos E/I deberían haber quedado dramáticamente disminuidos. Pero esto todavía no ha sucedido.

Podemos llegar a la conclusión de que una guerra nuclear, incluso en épocas tan tempranas como los últimos años 1940 hasta los últimos 1950, hubiera acarreado un riesgo significativo de desencadenar un invierno nuclear, sobre todo si se incluyen los ataques convencionales soviéticos sobre las ciudades dela Europa occidental y contra las instalaciones petrolíferas, pues resulta razonable colegir que éste hubiera sido el caso. Pero el invierno nuclear aún no se había descubierto, y no podía desempeñar ningún papel respecto de disuadir de una gue-rra nuclear. Este ejemplo ilustra la obvia proposición de que resulta vital entender plenamente las consecuencias a nivel local, regional y global de unos planes específicos de objetivos, para el diseño de la política y de la doctrina, lo cual subraya los peligros procedentes de que el hecho del invierno nuclear fuera

pasado por alto durante tanto tiempo.

Uno de los aspectos más preocupantes del invierno nuclear radica en que puede iniciarse con sólo una pequeña fracción de los arsenales estratégicos de los Estados Unidos o de la Unión Soviética, y que esto parece encontrarse asimismo dentro de la capacidad de otras naciones provistas de armamento nuclear como es el caso del Reino Unido, Francia y China. A medida que proliferen los misiles balísticos intermedios y las armas nucleares, otras naciones con capacidad nucleares podrían, llegado el caso, añadirse a esta lista.

En cualquier guerra nuclear —incluso en el llamado intercambio «limitado», en el que los blancos se restringen de modo intencionado a las instalaciones militares y se evitan de manera consciente las ciudades—, los daños urbanos podrían ser muy amplios (refs. 8.2, 8.20, 8.21), y podrían acarrear como resultados niveles de umbral de humo. En un intercambio central de represalia —en el que las ciudades son alcanzadas al cabo de unas horas o días del ataque sobre las fuerzas estratégicas—, se producirían mayores profundidades ópticas de humo, más atenuación de la luz solar, con lo que los descensos de la temperatura serían más graves que los valores de umbral que se diesen en este caso. Resulta imposible cuantificar con exactitud dichas probabilidades, pero resultarían espantosamente elevadas.

Como ya hemos mencionado, ha existido una curiosa tendencia a dejar de lado los efectos más graves del extremo del espectro del invierno nuclear, sólo para las previsiones de los «casos peores». Un modesto invierno nuclear ya es de por sí suficientemente malo. Pero sería algo loco y peligroso —incluso una dejación del deber— el ignorar las potenciales malas noticias. En cualesquiera otra área de la planificación militar, las políticas que respondieran al peor caso posible, se considerarían una simple prudencia. (Cf. ref. 8.22.) Cuando el riesgo es tan elevado, no podemos exigir menos de los establecimientos políticos y militares.

BLANCOS TOTALES DESEADOS EN EL SUELO

El mando del JSTPS (Mando Conjunto de Planificación de Objetivos Estratégicos), se divide en dos directorios principales. El primero es el Directorio Nacional de Lista de Objetivos Estratégicos, que busca y selecciona objetivos que hay que alcanzar, y que publica la Lista Nacional de Objetivos Estratégicos. Este directorio establece luego puntos que se deben alcanzar, a los que denomina (Blancos Totales Deseados en el Suelo) y los cataloga en la lista Nacional DGZ. Este directorio evalúa asimismo la cobertura total de objetivos y determina si los fines esperados de daños, requeridos por la política nacional, se verán logrados.

El Directorio del Plan Único operacional integrado prepara el STOP. Esto conlleva la aplicación y cálculo del tiempo de todas las armas comprometidas en la manera más efectiva posible contra los blancos apuntados en la Lista Nacional DGZ.

General Richard H. Ellis (de la Fuerza Aérea de Estados Unidos y luego Director de la Planificación de objetivos estratégicos), *Building a Plan for Peace: The Joint Strategic Target Planning Staff,* 1980 (editado para conmemorar el vigésimo aniversario de la fundación del JSTPS), p. 6.

En los últimos años la «D», de las siglas DGZ, se ha explicado como «Designado» en vez de «Deseado». Tal vez la pasión sea más bien el salirse de la preparación de objetivos. Y la creciente computarización de esta línea de actividades ha llevado a la creación de un nuevo acrónimo, el de Base de Datos de los Objetivos Nacionales Estratégicos (NSTDB).

BOMBARDEOS AÉREOS Y PRUEBAS NUCLEARES-¿SON CONSISTENTES CON EL INVIERNO NUCLEAR?

El 27 de julio de 1943, los bombarderos británicos dejaron caer, aproximadamente, 1 kilotón de potentes explosivos y más de 1 kilotón de bombas incendiarias sobre Hamburgo. La mayoría de los edificios de un área que abarcaba 12 km^2 ardían entre llamas veinte minutos después de haber pasado la primera oleada de bombarderos. La tormenta de fuego resultante, con vientos de fuerza huracanada, tardó dos o tres horas en alcanzar su intensidad máxima. Luego, la gente quedó succionada entre la columna de fuego de las calles de Hamburgo. Según algunos informes, el velo de humo, incluyendo las cenizas de los inmolados, alcanzó casi la estratosfera [datos facilitados por David L. Auton, Agencia de Defensa Nuclear, comunicación privada, 1986]. Un piloto de la RAF comentó: «Realmente resulta imposible ver la gran sábana de llamas cuando pasas por encima de la ciudad... a causa del humo.» (Martin Caidin, *The night Hamburg died* [Nueva York: Ballantine, 1980].)

Hubo también tormentas de llamas, durante la Segunda Guerra Mundial, en Dresde, Darmstadt y Tokyo, por no hablar de Hiroshima y Nagasaki. ¿Se registraron datos históricos que permitan hablar de un leve descenso de la temperatura global a mitad de los años 1940? La respuesta es que, a pesar de toda esta devastación, nunca hubo el suficiente humo en la atmósfera, de todos los incendios a la vez, para producir un descenso significativo de la temperatura.

¿Y qué cabe decir de los años entre 1945 y 1963, cuando se efectuaron pruebas nucleares por encima del suelo a gran escala? ¿Produjeron esos centenares de explosiones nucleares los detritos suficientes para oscurecer y enfriar la Tierra? Una vez más, la respuesta sigue siendo no. Las explosiones se extendieron durante un período de 18 años, y lo que es más importante, y afortunado: no fueron detonadas en o encima de las ciudades, las refinerías de petróleo o ni siquiera sobre los bosques. Esas explosiones tuvieron lugar en los desiertos, islas, atolones, la tundra ártica y el espacio. La profundidad óptica total, sobre cualquier zona significativa de la Tierra, estuvo siempre muy lejos del valor 1 debido a las explosiones nucleares. No debía, por tanto, haber anomalías climáticas por

esta causa, y por lo tanto no parece que se produjera ninguna. Pero, en especial tras haber sido testigos de explosiones nucleares de gran potencia, resultaba fácil imaginar una conexión con los efectos de las explosiones volcánicas importantes que originan anomalías climáticas. Un observador militar estadounidense, en la prueba «Mike», en el Pacífico, de 1952, anotó

> un resplandor ambarino a lo largo de todo el horizonte. Fue la cosa más artificial que hubiera visto y sentido en toda mi vida. Habíamos desplazado varios millones de toneladas de fragmentos de coral, alzados hasta una altura entre 13.000 y 17.000 m a causa de la explosión. [Tom Stonier, *Nuclear disaster* (Cleveland: World Pu-blishing, 1964), 137.]

Unos cuantos científicos han intentado relacionar, según afirman, el frío verano de 1954 con las pruebas de armas atómicas en el atolón de Bikini del mismo año: por ejemplo, A. Arakawa y otros, «Anomalías climáticas relacionadas con explosiones volcánicas y con las bombas de hidrógeno», *Geo-graphical Magazine 26,* 1955, 231-255. Pero las pruebas de una relación causal resultan poco convincentes G. Sutton, «Las explosiones termonucleares y el tiempo», *Nature 175,* 319-321; P. J. R. Shaw, «Las explosiones nucleares y el tiempo», *Australian Meteorological Magazine 36,* 1962, 39-40; B. J. Masón, «Influencia del hombre sobre el clima», *Advancement of Science 12,* 1956, 498-504, y la teoría del invierno nuclear predice al respecto un efecto nulo. Una encuesta entre 80 meteorólogos principales, llevada a cabo por la Oficina Meteorológica de Estados Unidos, reveló que ningún experto creía que las pruebas nucleares afectasen al tiempo, a causa de la misma ubicación de las pruebas (L Machta y D. L. Ha-rris, «Efectos sobre el clima de las explosiones atómicas», *Science 121,* 1955, 75-80. «Existen al parecer varios órdenes de magnitud que separan la cantidad de polvo necesaria para Producir cualquier disminución significativa, a nivel mundial, de las entradas de radiación [solar] y las producidas por las explosiones de [las pruebas ubicadas en] Nevada.») Sin embargo los modernos modelos tridimensionales de la circulación atmosférica general, empleados en el estudio del invierno nuclear, deben mucho a la investigación pionera realizada por el mismo A. Arakawa. Por lo tanto los registros de oscurecimiento y los descensos de temperatura (o su ausencia) con relación a grandes

incendios forestales, explosiones volcánicas, el bombardeo con bombas incendiarias sobre las ciudades y las pruebas nucleares, todos ellos son consistentes con las predicciones del invierno nuclear.

Capítulo IX

¿QUÉ SE DEBE HACER PARA PREVENIR EL INVIERNO NUCLEAR?

Mientras andaba a través del desierto de este mundo... vi a un Hombre vestido de harapos, de pie en cierto lugar..., con un Libro en la mano y una gran Carga a la espalda. Miré, y vi que abría el Libro, y se ponía a leerlo; mientras leía, lloraba y temblaba; y, sin poderse contener más, exhaló un grito de angustia, diciendo... «He sido bien informado, de que nuestra Ciudad arderá con un fuego bajado de los Cielos; en este horroroso holocausto, tanto yo, como tú, mi esposa, y mis queridos niñitos, acabaremos en una miserable ruina, excepto (lo cual aún no vislumbro) que se encuentre alguna Vía de huida, por la que podamos salvarnos.» Mientras leía, estalló en sollozos, gritando: « ¿Qué debo hacer para estar salvo?»

JOHN BUNYAN, *Pilgrim's Progress* (1678).

¿Cómo podríamos asegurarnos, con razonable certidumbre, de que no se generen los niveles del umbral de humo en una guerra nuclear? La respuesta más simple es: «No tengamos una guerra nuclear." Pero hemos discutido los peligros de un empleo no autorizado o accidental del armamento nuclear y observado la posibilidad,más pronto o más tarde, de la existencia de algún loco en los altos cargos de las naciones provistas de

armas nucleares. Si no llegamos a garantizar que la *guerra* nuclear sea imposible, ¿qué debemos hacer para que resulte imposible el *invierno* nuclear, o, por lo menos, altamente improbable? Los únicos procedimientos factibles parecen ser:

1) Eliminar de las listas de blancos todos los objetivos in dustriales/económicos, además de todos los blancos «militares» que puedan generar sustanciales daños colaterales en las regiones urbanas e industriales.

2) Aumentar la exactitud de las ojivas nucleares, reducir la capacidad explosiva de dichas ojivas y especificar las alturas de explosión (por ejemplo, subsuperficiales), para restringir los daños e incendios colaterales.

3) Planear llevar a cabo un intercambio nuclear con pocas armas, o a un ritmo lo suficientemente lento, o bajo unas condiciones meteorológicas lo bastante «favorables», para minimizar la emisión de humos y su acumulación en la atmósfera.

4) Desplegar un escudo defensivo impermeable de modo efectivo, no sólo sobre todo el territorio de Estados Unidos y la Unión Soviética, sino también sobre Europa, China, Japón y, eventualmente, sobre todo el planeta; o

5) Reducir los arsenales nucleares a niveles en los que no llegue a generarse una cantidad de umbral de humo, sin tener en cuenta cómo se «combata» en una guerra nuclear o quién esté al frente de las naciones provistas de armamento nuclear.

Consideremos, una a una, esas cinco opciones. La opción 1), aunque se negociase y se llegase a un acuerdo entre las superpotencias, no podría verificarse. Cada uno de los misiles estadounidenses del vehículo de reentrada «Minuteman II» y «Minu-teman III», se halla programado con de 4 a 8 blancos alternativos; los equipados con un sistema de mando de almacén de datos, pueden elegir entre varias alternativas de manera instantánea, y cada misil posee la facultad de reprogramar todos sus objetivos en media hora o menos (ref. 8.4). Indudablemente, han continuado en ambos bandos las mejoras en la capacidad de variación de blancos. Unas señales electrónicas furtivas dirigidas al chip del ordenador podrían hacer fracasar cualquier acuerdo amplio respecto de la clase de objetivos, si tener en consideración lo bien verificado que llegase a estar (ref. 9.1).

La opción 2) es la «clave técnica» del invierno nuclear que

como se ha predicho (refs. 2.3, 9.2) se vería favorecida por los abogados de los partidarios de la guerra nuclear y de opciones de guerra nuclear «limitadas». Desde este punto de vista, dicha opción puede parecer racional o, cuanto menos, práctica. Pero su aplicación con éxito exigiría que se cumplieran cierto número de condiciones restrictivas: *a)* se precisaría que las numerosas nuevas técnicas de armamento se viesen desarrolladas y comprobadas con éxito; *b)* las fuerzas nucleares estratégicas y tácticas existentes deberían reconstituirse por completo, con unos gastos asombrosos (*); *c)* todas las potencias nucleares deberían avanzar simultáneamente en esta dirección; *d)* debería inventarse un medio a prueba de locos para verificar o garantizar los límites explosivos de las ojivas nucleares; *e)* habría un largo y peligroso período de transición, en el cual las ojivas atómicas «utilizables» coexistirán con el actual arsenal de ojivas nucleares más peligroso y más amplio, lo cual debería negociarse de un modo seguro; y *f)* habría que hallar un nuevo sistema de estabilidad, bajo el cual la reducida amenaza de una represalia nuclear masiva no aumentase la posibilidad de una guerra que emplease un armamento nuclear «más seguro». Asimismo, en lo que se refiere a la extensión de la opción 2), ello haría que el modo de hacer la guerra convencional, con lo que aumentaría el riesgo de confrontación y de conflicto.

La opción 3), que depende en su ejecución de una altamente coreada, controlada y restringida guerra nuclear, resulta insostenible. Existen razones tanto técnicas como psicológicas para que una pequeña guerra nuclear fuese probable que escalase con rapidez hasta un «intercambio central» (ref. 9.3). Incluso si, en el día en que la guerra comenzara, hubiera condiciones meteorológicas más favorables para una parte que para la otra (lo cual, en sí mismo, constituye una proposición muy dudosa), la prolongación de la guerra implicaría extensos períodos en los que el tiempo y el clima entrarían en unos regímenes sin presentes y. por lo tanto, imprevisibles. La incertidumbre y riesgo de esta opción parece harto elevada.

La opción 4) es de un curso similar (aunque se tratase de

(*) El simplemente *añadir* tales armas a los arsenales existentes, no reduce los peligros del invierno nuclear, a menos que sólo tales armas tu.viesen como blanco las ciudades. Pero esto, en realidad, se reduce, a la inverificable opción 1).

algo más difícil) al objetivo de una defensa estratégica impermeable que protegiese a la población civil de Estados Unidos. Esa SDI se reconoce en la actualidad como algo imposible, por lo menos en un futuro previsible (ref. 17.5). Algunos aspectos relevantes de ciertos sistemas de defensa estratégica, aunque muchos menos ambiciosos, se discutirán más adelante.

La opción 5) equivale en realidad a un mínimo de represalia, o a una «suficiencia». Prevé una disminución de todos los arsenales mundiales tácticos y estratégicos de forma que, en el caso de que ocurriese lo peor —con todas las armas nucleares disponibles explosionando, y poniéndose el énfasis en el blanco formado por las ciudades—, el invierno nuclear continuara aún siendo improbable. Requiere una reducción en los arsenales por debajo del 1% de los niveles actuales, tal y como se describirá más adelante en *este libro.*

La opción 5) encuentra dificultades en, por lo menos, tres aspectos. Hasta hace muy poco parecía políticamente desesperanzado imaginar ni siquiera una *pequeña* (entre poco y un 50%) reducción de los arsenales nucleares estratégicos y tácticos, y mucho menos las enormes reducciones requeridas para impedir un invierno nuclear. No obstante, el tratado de Fuerzas Nucleares de Alcance Intermedio (INF), firmado y ratificado por Estados Unidos y la Unión Soviética, demuestra que las reducciones son posibles, aunque, en el caso INF, constituyen algo parecido al 3% de las ojivas nucleares de los arsenales globales (que, además, no son destruidos). La célebre propuesta de George Kennan (ref. 9.4), de reducir a la mitad los arsenales estratégicos fue en su época (1981) considerada, generalmente, como «utópica». Sin embargo, en la cumbre de Reykjavik, los dirigentes de Estados Unidos y de la Unión Soviética, por 1° menos pusieron en marcha la noción de unos decrecimientos muchos más masivos en los arsenales nucleares (ref. 9.5). En la actualidad se mantienen unas negociaciones serias para el Tratado de reducción de armas estratégicas (START) y, aunque aún quedan cierto número de temas políticos y doctrinales, así como dificultades técnicas (ref. 9.6), existen muchas personas. por ambas partes, que consideran factible una reducción de un 30 a un 50% en los arsenales estratégicos, en un futuro relativamente próximo. El tratado INF prevé, y el START necesaria; mente lo abarcará, unos procedimientos de verificación muy amplios, con inspectores de cada una de las naciones con un

acceso, hasta ahora sin precedentes, en las instalaciones rnilitares y sistemas de armamentos del contrario. Esos desarrollos representan unos cambios revolucionarios en la forma acostumbrada de hacer las cosas por parte de las naciones-estados provistos de armamento nuclear, y sugiere que la opción 5) no se halla tan fuera de alcance como en un momento dado se creyó. Sin embargo, el que Estados Unidos y la Unión Soviética redujeran sus arsenales estratégicos en un factor dos es mucho más sencillo que reducir sus arsenales totales en un factor de 100. Aunque lo primero sea factible, eso no significa en absoluto que lo otro también lo sea (refs. 9.7, 9.8) [Un crítico de *este* libro en su fase de prepublicación, cuya posición le permite conocer las actitudes de los que realizan la política estratégica, ha estimado que, si en los Estados Unidos de finales de los años 1980, se debiera haber realizado una elección, la forma de realizar la guerra de la opción 2) se podría haber llevado a cabo con mucha mayor facilidad que la opción 5) de disuasión mínima.] El destino de las fuerzas nucleares más pequeñas —por ejemplo, las del Reino Unido, Francia y China—, plantea especiales dificultades, sobre todo en lo referente a dichas fuerzas, que no sirven meramente a fines militares, sino que también significan realizar o resistir la coerción, al tiempo que actúa como muestra de ser una potencia con estatus mundial (*). Pero esas naciones no son monolíticas o inmunes al influjo y ejemplo de las superpotencias. En el Reino Unido, el partido laborista, hasta 1989, se comprometió en lo referente a un desarme nuclear unilateral, con el añadido de una nueva revisión de las fuerzas convencionales; en 1989 el antedicho unilateralismo se había convertido en un compromiso de desarme nuclear en una mayor escala de tiempo, como parte de un proceso a nivel mundial, que implicara en especial a los Estados Unidos y a la Unión Soviética (ref. 9.10). Los partidos Socialdemócrata y de alianza, por lo menos en cierta época se hallaron favorablemente dispuestos a una disminución proporcional de las fuerzas nucleares británicas, siempre y cuando se produjera una reducción más importante en los arsenales estratégicos de Estados Unidos y de la Unión Soviética (ref. 9.11). De vez en

(*) Si las economías siguen declinando, las armas nucleares pueden, cada vez más para esta última función, en lo que también atañe a 0s Unidos y a la Unión Soviética.

cuando, China ha anunciado su disponibilidad a «negociar la reducción general del armamento nuclear por parte de todos los Estados en posesión de armas nucleares», en cuanto tanto Estados Unidos como la URSS alcanzaran la marca de una reducción en el 50% en armas y en sistemas de lanzamiento (y cesasen en las pruebas de armamento nuclear) (ref. 9.12). Existen buenas razones para creer que Francia convendría asimismo en poseer un arsenal estratégico muy pequeño, en un régimen de superpotencia con un mínimo de poder de disuasión (ref. 9.13).

Una objeción adicional a la opción 5) es que, la contención de unos arsenales tan pequeños, incapaces de inducir un invierno nuclear, acarrearían de modo necesario el proporcionar un poder disuasorio mucho más débil. Sin embargo, unos cuantos centenares de armas estratégicas son claramente suficientes para quebrantar a Estados Unidos o a la Unión Soviética en su calidad de entidades políticas con un funcionamiento económico y político, y semejante disuasión, respecto de un ataque nuclear, fue ampliamente considerada más que adecuada durante la época en que Robert McNamara ocupó el cargo de secretario de Defensa (ref. 9.14). Más adelante razonaremos que, los mencionados niveles de fuerza, apropiadamente configurados, bastarían para proporcionar *una mayor* estabilidad estratégica que los arsenales actuales, y que constituirían una robusta disuasión para evitar un ataque convencional. Pero ésta no es en la actualidad la opinión prevaleciente.

VLADIMIR ALEXANDROV, ¿LA PRIMERA BAJA DEL INVIERNO NUCLEAR?

Vladimir Alexandrov fue el principal experto de la Unión Soviética en invierno nuclear. Pero sólo transcurrieron dos años entre la primera vez que oyó hablar de la posibilidad de un invierno nuclear y su misteriosa y aún inexplicable desaparición, en Madrid, como si se hubiese desvanecido de la faz de la Tierra. Tenía cuarenta y siete años.

Las dos naciones que, de modo natural, podrían estar más preocupadas acerca del invierno nuclear, son las dos naciones que, con más probabilidad, podrían suscitarlo: Esta-

dos Unidos y la Unión Soviética. Ya en 1983 planeábamos (véase Apéndice C) una reunión científica de tres días a puerta cerrada para evaluar las alegaciones del invierno nuclear. Se había invitado a expertos en muchos campos relevantes, tanto de Estados Unidos como de otras varias naciones, pero la ausencia en nuestra lista de científicos soviéticos nos pareció una clamorosa omisión. La URSS posee excelentes científicos y pensamos que podrían contribuir a nuestra mejor comprensión del tema. Y lo que era aún más importante: ¿cómo se podría derivar ningún tipo de implicación política, procedente del invierno nuclear, y que fuese tomada muy en serio por los soviéticos, de no haber éstos llevado a cabo una confirmación independiente de nuestros descubrimientos?

Por lo tanto, uno de nosotros (C. S.) se entrevistó en Washington, con Y. P. Velijov, vicepresidente de la Academia de Ciencias Soviética para solicitar, con una antelación de sólo dos o tres meses, alguna participación soviética. Sabíamos que se trataba de una petición difícil, porque, según las maneras de hacer las cosas de los soviéticos, la KGB exigía un plazo de tiempo mínimo de un año antes de que se permitiera a cualquier científico viajar al extranjero. Se sugirió la presencia de dos científicos soviéticos que habían estudiado asuntos relacionados con las ciencias atmosféricas, pero Velijov dijo que no, que tenía otro candidato, V. V. Alexandrov, un especialista en modelos de ordenadores para la atmósfera terrestre. En aquella época no habíamos oído hablar de Alexandrov. Pero sí lo conocían otros científicos estadounidenses. Alexandrov había realizado trabajos en instituciones tales como el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas, en Boulder, Colorado; hablaba muy bien el inglés; había vivido en Estados Unidos y tenía permiso de conducción por Oregón; y había adaptado el modelo de ordenador tridimensional de la Universidad estatal de Oregón, para la circulación general de la atmósfera terrestre, a un ordenador soviético en Moscú. Alexandrov era director del Laboratorio de Investigaciones Climáticas, del Centro para Ordenadores de la Academia de Ciencias Soviética. Parecía un candidato excelente, pero nos mostrábamos escépticos respecto de queVelijoov pudiera cumplir su palabra.

Contra todas las expectativas de la inercia burocrática de los soviéticos, Alexandrov llegó a Cambridge, Massachusetts, para nuestra reunión en el mes de abril. Además, no se presentó agobiado por la compañía habitual de los oficiales de la KGB con ropa de paisano, cuya tarea consistía en mantener a los científicos alejados de situaciones potencialmente com-

prometedoras e impedirles cualquier tentación de desertar Excepto en lo que se refería a los científicos principales, esto también resultaba notable, aunque no carecía de precedentes. Pero existían otras cosas respecto de él que sí resultaban desacostumbradas. Iba mucho mejor vestido que los habituales científicos soviéticos que nos visitaban en aquella época. Hablaba con desconcertante candor del amor que le tenía a su esposa y a sus hijos, y con particular ternura de su hija una joven bailarina que sufría de asma.

Durante toda la reunión, Alexandrov se mostró de lo más afable y competente. Escuchó con atención y tomó notas. Su comentario principal, dentro de la discusión general, consistió en prevenir respecto de la potencial falta de habilidad, en este problema, de los modelos tridimensionales de la circulación general. Esos modelos no se habían aún utilizado para el invierno nuclear, pero constituían el obvio próximo paso. Dichos modelos de ordenador, por lo común «sintonizan» —o se ajustan de manera arbitraria— con ciertos parámetros físicos libres, a fin de alcanzar resultados que se adecúen con la actual atmósfera terrestre. Esto podría ser aconsejable para examinar el actual medio ambiente de la Tierra, y las pequeñas perturbaciones que se dan en el mismo, pero tal vez condujera a graves dificultades, nos previno, si se aplicaban a lo que él denominaba las condiciones atmosféricas «asombrosamente diferentes» del invierno nuclear. Otros científicos replicaron que, al simular las atmósferas de otros planetas y al reproducir las cambiantes estaciones de la Tierra, dichos modelos funcionaban muy bien. Alegaron que, si se tomaban las adecuadas precauciones, dichos modelos tridimensionales continuarían aportando resultados útiles. Alexandrov se mostró de acuerdo.

A continuación, le pedimos que hiciera funcionar su propio modelo de ordenador en Moscú para comprobar si llegaba a los mismos resultados que en nuestro estudio TTAPS. j Creímos que resultaría especialmente interesante el que algunos resultados soviéticos pudiesen hallarse disponibles en el j momento de la primera discusión pública acerca del invierno nuclear programada, en Washington, para finales de aquel mismo año. Alexandrov confesó que le gustaría sobremanera el realizar el primer modelo tridimensional de invierno nuclear, y verificar nuestros resultados pero, en Moscú, las instalaciones de ordenadores estaban tan limitadas, que la posibilidad de tener acceso para hacer funcionar los modelos, en sólo medio año, resultaba en la práctica igual a cero.

Pero, cuando se inauguró, en Washington, la Conferencia de las Consecuencias a largo plazo de una guerra nuclear, el

31 de octubre de 1983, Alexandrov se encontraba allí, con sus resultados preliminares muy bien encuadernados en un opúsculo, en inglés, con tapas azules. Afirmó que «el trabajo que presentaré» se inspiraba en su participación en la anterior reunión en Cambridge. Respecto de su modelo básico de guerra nuclear, el modelo unidimensional del TTAPS había sido capaz de predecir temperaturas (que cambiaban con el tiempo) para los interiores continentales y para los océanos (y también habíamos realizado una estimación aproximada para las regiones costeras). Pero Alexandrov aportó mapas mundiales con las temperaturas previstas en las correspondientes curvas de nivel. Algunas de estas temperaturas eran mucho más frías respecto a las que nosotros preveíamos: un descenso de 40°C, o más, en el Canadá oriental, Escandina-via, este de Siberia, e incluso el subcontinente de la India, cuarenta días después de la guerra.

Alexandrov quedó complacido al ver que sus resultados se hallaban, por lo general, de acuerdo con los de otros modelos tridimensionales de la circulación general, de los que se había informado en la misma reunión: el de Stephen Schnei-der y sus colaboradores, en el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas, en Boulder, Colorado. Los grupos de Moscú y de Boulder convinieron en publicar un artículo conjunto en la revista sueca *Ambio,* donde figurasen sus hallazgos mutuamente compatibles. Ninguno de esos modelos, presentaba de una manera independiente cuánto humo se inyectaría en el aire, cómo se absorbería ese humo, o con qué rapidez quedaría eliminado de la atmósfera; por todo ello, confiaron en las estimaciones del TTAPS. Tampoco realizaron más que una pequeña fracción de los casi cincuenta casos diferentes discutidos por el TTAPS. Pese a todo, los primeros modelos tridimensionales proporcionaron una importante confirmación de la teoría del invierno nuclear.

Se produjo un resultado intrigante que Alexandrov mencionó en su conferencia en Washington: a medida que el hollín y el polvo se precipitaban desde la atmósfera, muchos meses después de la guerra, su ordenador había predicho una ola de calor intensa cerca del suelo; en la meseta del Tí-bet, las temperaturas parecían ascender hasta en la cifra de 20 ºC (36ºF) «Esto originaría que la nieve de las montañas y los glaciares se derritiesen, y ello conllevaría unas inundaciones de ámbito continental; repito, para ponerle énfasis, de ámbito continental.» Ninguno de los otros modelos, ya fueran unidimensionales o tridimensionales, halló nada parecido, y en discusiones privadas, mantenidas entonces y más

tarde, Alexandrov fue incapaz de proporcionar una explicación ción física de cómo se producía aquello: «Eso es lo que no dice el ordenador», afirmó. Tal vez aquel problema del que había avisado Alexandrov en Cambridge, no dejó de afectar este aspecto de sus propios cálculos.

Después del primer anuncio de sus resultados del invierno nuclear, Alexandrov se vio muy solicitado tanto en los foros científicos como en los políticos. Apareció en un simpo-sio especial, en el Senado de Estados Unidos, dirigido por los senadores Edward Kennedy y Mark Hatfield; en otro acontecimiento, desacostumbrado en extremo, fue convocado para testificar en una de las sesiones del Congreso de Estados Unidos; en conjunción con una valoración del invierno nuclear, por parte de la Academia de Ciencias Pontificias, fue llamado, así como Cari Sagan, para presentar sus nuevos descubrimientos ante el Papa Juan Pablo II, en el Vaticano. Escribió muchos artículos y contribuyó en la redacción de algunos libros. Algunas veces, tampoco se mostró tímido respecto de extraer conclusiones políticas, acerca de la necesidad de mejorar las relaciones entre Estados Unidos y la Unión Soviética, y de lo necesario que resultaba lograr reducciones masivas en los arsenales nucleares mundiales.

La máquina que Alexandrov empleaba en la Academia de Ciencias Soviética era unas diez veces más rápida, aunque con menos memoria, que un ordenador personal «IBM» corriente y moliente de la época. Esto resultaba penosamente pobre para llevar a cabo los cálculos del invierno nuclear, y Alexandrov anhelaba poder emplear una máquina mayor. En enero de 1985, Estados Unidos le retiró a Alexandrov el permiso a tener acceso a los superordenadores estadounidenses empleados para prever el tiempo y el clima. En su visado constaba una nota, escrita manualmente: «No le está permitido tener acceso, directo o indirecto, a los superordenadores de Estados Unidos.» Evidentemente, al gobierno le preocupaba que Alexandrov pudiese anotar en su agenda una nueva entrada: robo de secretos de los ordenadores estadounidenses por parte de los militares soviéticos, aunque, por lo que nosotros mismos pudimos determinar, todo científico estadounidense, cuyos laboratorios fueron visitados por Alexandrov, alegó que éste ni tuvo la oportunidad ni la inclinación a realizar algo parecido. Más o menos por la misma época, también se rechazó la petición de Alexandrov de poder emplear alguno de los ordenadores mucho más avanzados (según los niveles soviéticos) del Instituto de Investigaciones Cósmicas de la Academia de Ciencias Soviética. Asimismo,

en algunas noticias aparecidas en la revistas *Science* (R. Jeffrey Smith, «Los soviéticos aportan muy poca ayuda», *225,* 6 de julio de 1984, 31), se citaban las opiniones de algunos científicos estadounidenses, incluyendo en esto a uno de nosotros (R- T.), en las que se expresaban los lentos avances, el esfuerzo a bajo nivel y la naturaleza secundaria de la investigación soviética acerca del invierno nuclear. La refutación, por parte de Alexandrov, remitida a *Science,* fue considerada por los editores de lo más inadecuada, y no llegó nunca a publicarse.

El 31 de marzo de 1985 se encontraba en Madrid, en su viaje de regreso a la Unión Soviética (con una escala prevista en Italia), tras haber asistido a una reunión en Córdoba, España, de aquellos municipios, a nivel mundial, que se habían autodeclarado zonas libres de armas nucleares. Ésta fue la última ocasión, según los registros públicos, en que alguien vio a Alexandrov con vida.

Existen varios relatos contradictorios acerca de sus últimos días. Se hallaba muy deprimido y bebía demasiado (aunque muchos de nosotros podemos atestiguar que no era propenso a beber con exceso). Las autoridades municipales de Córdoba llamaron a la Embajada de la Unión Soviética, en Madrid, para quejarse respecto de que Alexandrov se comportaba de una forma muy estrafalaria (aunque los soviéticos alegan que, cuando llamaron a su vez a las oficinas del Ayuntamiento, las autoridades cordobesas negaron que hubiera tenido lugar ninguna llamada telefónica de estas características). Se vio cómo le metían en un coche unos hombres fornidos y le depositaban luego solo en su hotel. Su cartera (con todo el dinero intacto) se halló en la habitación del hotel; su maletín, pasaporte y billetes de avión se hallaron en un cubo de basura cercano. Le dijo al conductor que iba a llevarlo desde Córdoba a Madrid que se dirigiera directamente al aeropuerto de la capital de España; el taxista le condujo a la Embajada soviética. Realizó el viaje desde Córdoba a Madrid en un taxi, conducido por un chófer del Consejo Municipal; le llevó «alguien del pueblo». Su conferencia en Córdoba había sido muy bien acogida, aunque resultara más bien superficial, vaga y decepcionante.

En los meses que siguieron a la desaparición de Alexandrov, no se publicaron artículos al respecto en la Prensa española, ni anuncios o recuadros de pago, pidiendo noticias de su desaparición, por parte de los responsables soviéticos. Los soviéticos afirmaron que el gobierno español mostró muy es-casa colaboración. Las fuentes del gobierno español afirman

lo mismo respecto de los soviéticos. En aquella época, el alcalde de Córdoba era un comunista [Julio Anguita], pero el Partido Comunista de España se mostró contento de poder demostrar su independencia respecto de la Unión Soviética Pasaron más de tres meses tras su desaparición antes de que se llevara a cabo un requerimiento, de gobierno a gobierno por parte de la URSS con la petición de que la Policía española buscase la pista de Alexandrov.

Una extraña niebla de confusión pende por encima de los auténticos hechos. De lo que estamos todos seguros es de que Alexandrov desapareció y de que su cadáver no ha llegado jamás a encontrarse.

Unos cuantos días después, los agentes del FBI empezaron a llamar a los científicos estadounidenses que conocían a Alexandrov, para preguntarles hasta qué punto era posible «que pudiese desertar». Una semana después, los agentes del KGB llamaron a los colegas soviéticos de Alexandrov, para efectuarles exactamente la misma pregunta. La mayoría de los que le conocían se mostraron de acuerdo con Hugh W. Ellsaesser, del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, respecto de que no era probable que se tratase de un desertor. «Era ante todo un hombre amante de la familia. Amaba demasiado a su mujer y a su hija.»

Como respuesta a un requerimiento, agentes del gobierno de Estados Unidos declararon que ninguna agencia gubernamental tenía en su poder a Alexandrov, y de que carecían de la menor idea de lo que hubiera podido ocurrirle. Tal vez los soviéticos..., sugirieron. Los agentes soviéticos alegaron una total ignorancia respecto del paradero de Alexandrov. «Dentro de una semana debía regresar a Moscú —nos contó uno de ellos—. Vladimir tenía una carrera prometedora, y, de todos modos, la Unión Soviética no ha asesinado a ninguno de los suyos en el extranjero, desde los tiempos de Trotski.» Tal vez los americanos..., sugirieron.

El columnista derechista estadounidense, Ralph de Toledano, al principio declaró que Alexandrov estuvo en manos de la CÍA, y que más tarde fue asesinado por el KGB, a causa de que estaba a punto de revelar algunas inquietudes cientín-cas acerca del invierno nuclear. En una de sus últimas columnas fijas, De Toledano asegura «que la CIA le raptó, descubrió que era un alcohólico y no un desertor en potencia y lo entregó al KGB». Iona Andronov, corresponsal especial de la *Litteraturnaia Gazeta,* sugirió que era a los estadounidenses, y no a los soviéticos, a los que molestaba Alexandrov con su relatos de los peligros del invierno nuclear, que los americanos eran los únicos que tenían un motivo para apoderarse de

él,y que Alexandrov había sido secuestrado para que se viese obligado «a firmar una petición de asilo político, apareciese en la Prensa occidental realizando ataques contra su país natal y al mismo tiempo perdiese la última oportunidad de poder regresar a su casa con su nombre impoluto». La implicación da a entender que el secuestro fue una chapuza. (Andronov y De Toledano se han entrevistado mutuamente, y cada cual, al parecer, rechaza la sospecha de que el otro pudiese trabajar para sus respectivos servicios de espionaje nacionales.) Algunos funcionarios estadounidenses, cosa rara, sugieren que Alexandrov fue secuestrado por los servicios secretos británicos o franceses. Un alto funcionario soviético sugirió que cierta organización ultraderechista, de probada locura, afincada en Estados Unidos, le había secuestrado y después asesinado. Pero nosotros no estamos convencidos de que quepa conceder mucha credibilidad a ninguna de estas sugerencias.

Unos meses después de la desaparición de Alexandrov, un relato semipopular, muy elegantemente impreso, de tipo se-mitécnico, que trataba del invierno nuclear, denominado *La noche después...: consecuencias climáticas* y *biológicas de una guerra nuclear* fue publicado por la editorial Mir, de Moscú. En el mismo se discutían muchos aspectos del invierno nuclear, así como algunos temas de relevancia periférica. De modo desconcertante, no se encuentra en absoluto ninguna mención a Vladimir Alexandrov. Se hace referencia a alguna de sus publicaciones científicas, pero, a diferencia de otros artículos a los que se cita en el *mismo* libro, sin el menor indicio de quién sea su autor. «No nos dijeron nada al respecto —nos confesó uno de los colaboradores del libro—. Simplemente eliminaron todas las referencias a Vladimir mientras el libro se encontraba en prensa.» Alexandrov quedó convertido asimismo en algo incorpóreo en otra publicación, y su paga dejó de llegarle a su mujer, que se encontraba gravemente enferma. Sin embargo, poco después, volvió a abonarse la pensión y Alexandrov ocupó otra vez su lugar dentro de la bibliografía soviética. Todo ello produce la impresión de que, en un principio, los soviéticos consideraran que Alexandrov había desertado a Occidente, y más tarde mudasen de opinión. Pero, de todos modos existen asimismo más posibilidades.

Durante algún tiempo, los científicos soviéticos llamaron a Alexandrov «la primera baja del invierno nuclear». Dado que su cadáver no ha sido nunca encontrado, parece improbable que fuese víctima de una agresión criminal, al azar y no

política. En dicho caso, podría sugerirse que alguien, que considerara a Alxandrov una amenaza suficiente, lo secuestrara y tal vez lo matara. En la actualidad, cuando se discute ampliamente del invierno nuclear, ahora que grandes ordenadores, de muchas naciones, han llegado a la Unión Soviética, ahora que existe un movimiento palpable hacia las reducciones en el armamento nuclear, resulta duro comprobar de qué pudo servir el asesinar a Alexandrov.

Seguimos perplejos y turbados acerca de cuál pudo ser su destino (ref. 9.15).

Capítulo X
DISUASIÓN PROPIA

El acto supremo de la guerra consiste en someter al enemigo sin tener que luchar.

SUN TSU, *El arte de la guerra,* siglo VI a. de C.

Imaginemos dos naciones provistas de armamento nuclear, A y B. Supongamos que, por la razón que sea, *A* desencadena un primer ataque nuclear masivo contra *B,* y que, por la causa que sea, *B* no efectúa ninguna represalia. Grandes nubes de humo y de hollín se alzan sobre *B* y, en cuestión de una semana, se ven transportadas por los vientos alrededor del planeta hasta oscurecer los cielos de *A.* Las temperaturas descienden, caen detritos atómicos, surgen epidemias y (más tarde) la mortífera luz ultravioleta alcanza la superficie. El país *A* ha contribuido, de una manera indirecta y elaborada, a destruirse a sí mismo. Las naciones interesadas en cometer un suicidio nacional tienen disponibles procedimientos más sencillos. Si lo que hemos contado constituye un guión plausible, y si tanto *A* como *B* reconocen estas implicaciones, ambos deberían quedar disuadidos de comenzar una guerra semejante. Cuanto más probable sea la situación, más poderosa debería ser la disuasión.

Los preparativos para emprender el primer ataque, y la pre-

ocupación acerca de la capacidad del enemigo para ese primer golpe, han sido causas poderosas para mantener la ansiedad mutua, con lo que se ha llegado a la actual disposición de fuerzas y a la propia carrera de armamento nuclear. Pero si un primer golpe nuclear masivo, con el que se pretende destruir la mayor parte de las fuerzas de represalia del adversario, realiza las veces de bumerang y destruye al atacante, sin ningún esfuerzo por parte de la víctima, ¿cómo puede resultar creíble que llegue a desencadenarse un ataque así?

El invierno nuclear disuade del uso —tanto para la guerra como para la intimidación— de la vasta dimensión que han alcanzado los actuales arsenales estratégicos. Asimismo, debería ser difícil utilizarlos, «teniendo en cuenta que es tan cierto que el agresor que emplee la bomba, la estará usando contra él mismo», lo cual configura la primera formulación de la disuasión nuclear, debida al pionero en este campo, Bernard Brodie (ref. 10.1). Ésta es la forma principal y más novedosa en que el invierno nuclear se convierte en la más fuerte de las disuasiones. La incidencia de los robos con armas disminuiría drásticamente, si las armas de fuego, de una manera rutinaria, estallasen en la cara de aquellos que las emplearan (y que el hecho de que explotasen fuese ampliamente conocido).

Resulta (casi) inconcebible que cualquier cuerdo dirigente nacional contara con la inmunidad contra la represalia después de lanzar un primer ataque, tanto con invierno nuclear como sin él. El actual despliegue de las fuerzas nucleares globales permite a una nación prever un contraataque devastador, incluso después de haber absorbido un masivo primer ataque. Los misiles móviles sobre camiones o vagones de ferrocarril podrían escapar al ataque. Algunos misiles balísticos intercontinentales (ICBM), ocultos en duros silos subterráneos, sobrevivirán a unos disparos imperfectos. Los aviones estratégicos pueden no resultar afectados por un ataque nuclear en sus bases. Los misiles balísticos lanzados desde submarinos (SLBM), que aguardan en las profundidades del océano, son invulnerables de una manera efectiva. Un solo moderno misil balístico submarino, que sobreviviera en uno u otro bando, puede borrar a cualquier nación de la Tierra. La ampliamente difundida influencia disuasoria de tales pequeñas e invulnerables fuerzas de represalia, constituye un tipo de disuasión mínima. Ya existe sin necesidad del invierno nuclear (ref. 10.2).

Algunos analistas creen que la disuasión proporcionada por el invierno nuclear no tiene una fuerza mayor que la disuasión actual ante las perspectivas de explosión, radiación, incendios y una inmediata lluvia radiactiva sobre centenares o millares de blancos; y que un líder lo suficientemente loco como para no verse disuadido por los efectos inmediatos de la represalia nuclear, tampoco lo disuadirán de sus propósitos la posterior perspectiva de un invierno nuclear. Sin embargo, este tradicional estilo de disuasión —la provocada por el miedo a las consecuencias de una represalia nuclear — depende del estado mental de los dirigentes de las fuerzas adversarias. Y los líderes pueden a veces carecer de resolución, verse confundidos o inmovilizados por el miedo, especialmente por la carencia de sueño en los momentos de crisis (ref. 5.14).

El que el dirigente civil —tal vez pusilánime por motivos humanitarios o por un derrumbamiento nervioso— decida no ordenar una represalia nuclear después de un ataque nuclear, constituye una daga dirigida al mismo corazón de la disuasión. Los estrategas a veces se preocupan por estas cosas (ref. 10.3). El general Maxwell Taylor, jefe del Mando de Jefes Conjunto durante la Administración Kennedy, observó tranquilizadora-mente que la disuasión depende de «un presidente fuerte que no sea propenso a desligarse de sus responsabilidades» (ref. 10.4). Pero los candidatos presidenciales no suelen verse probados de antemano respecto de si serán capaces de cometer un asesinato en masa bajo unas circunstancias difíciles. El valor —si a eso se refiere el no «desligarse de sus responsabilidades»— constituye un impredecibíe rasgo del carácter. Uno no puede saber cómo se comportará hasta que se presente la ocasión. ¿Qué ocurre si el dirigente se siente incapaz de oprimir el botón? ¿Qué ocurre si, en el momento de la precrisis él (o ella) se sospecha que tiene tendencia a eludir sus obligaciones? ¿Y es la inflexible prontitud en lanzar millares de ojivas nucleares un rasgo del carácter que deseamos posean nuestros líderes nacionales?

Si el invierno nuclear impide «el vencer», sin tener en cuenta lo que pueda efectuar el otro bando, y si la represalia consiste en verse afectado aunque el contrario sea tímido o escrupuloso, en ese caso se disipa cualquier concebible ventaja de ser el primero en atacar, y la disuasión se convierte en algo mucho más de fiar. Ésta es una clase de disuasión que se sale de los es-

tándares normales, y que cortocircuita las preocupaciones acerca de la psicología de los líderes. Naturalmente, con los arsenales actuales, eso no detendría a los locos al mando de las naciones provistas de armamento nuclear. Por tanto, se necesitan otras medidas.

Existen medios en los que el invierno nuclear hace más duro el luchar en una guerra nuclear. El método clásico de la «valoración de los daños» radica en conseguir una imagen muy clara de tu objetivo. Si existe un cráter humeante en el lugar donde solía haber una ciudad, tu arma es la que ha realizado bien la tarea. (Indudablemente, en este caso habría que brindar las correspondientes felicitaciones.) Pero si toda la región que rodea el objetivo se ve cubierta por un humo opaco, uno ya no puede estar muy seguro respecto de qué blancos se han alcanzado, o si, de una manera inadvertida, se ha alcanzado un blanco erróneo (lo cual es especialmente importante para aquellos que tratan de llevar a cabo una guerra «equilibrada»). ¿Qué cabe decir del comportamiento de los motores de los reactores entre el humo y las nubes de polvo (ref. 10.5) necesarios para las operaciones militares, para el espionaje y para controlar la guerra desde los puestos de mando aerotransportados? ¿Qué ocurre con los avances o retiradas ordenados de la infantería, o con la navegación de los bombarderos y misiles de crucero, en una casi total oscuridad? ¿Y la actuación de los blindados a bajas temperaturas? ¿Y los heridos crecientes e indiscriminados, así como los muertos, en los servicios armados, a causa de los efectos del invierno nuclear? ¿Y la moral de los civiles y de los militares? El Departamento de Defensa de Estados Unidos ha intentado hallar medios para combatir en una guerra nuclear y «triunfar» incluso en el medio ambiente de un invierno nuclear. Pero esto no resulta fácil.

Incluso sin invierno nuclear, existe ya la preocupación que los mandos y el control de las fuerzas nucleares se deterioren con rapidez en el transcurso de un intercambio nuclear (ref. 9.3). Esto proporciona un poderoso incentivo para el lanzamiento lo antes posible de las armas nucleares, todas las armas nucleares, incluso aquellas que, de otro modo, podrían considerarse parte de la invulnerable fuerza de represalia (ref. 10.6 Por razones de esta clase, el invierno nuclear proporciona moti-

vaciones adicionales para la mejora del mando y del control, ypara impedir que se desencadene una guerra nuclear. (Véase más adelante.)

Puede suscitarse la tentación, de acuerdo con lo empleado para justificar la llamada ventana de vulnerabilidad de la Administración Reagan, de lanzar un ataque parcial sobre las fuerzas estratégicas del adversario, salvando numerosos blancos culturales y económicos, y las ciudades, desalentando la represalia manteniendo esos objetivos como un rescate respecto de las armas invulnerables del atacante. Algún futuro dirigente nacional puede llegar a convencerse de que una acción masiva de esta clase se convertiría en la menos insatisfactoria respuesta a un ataque proyectado; o que las nuevas tecnologías permitirán un primer ataque mucho más equilibrado de lo que el adversario pueda llegar a creer posible, y que se necesita un primer ataque antes de que el adversario comprenda su propia vulnerabilidad. Pero el invierno nuclear libera a los líderes de la necesidad de realizar parecidos cálculos. El resultado de la guerra nuclear depende menos de la prudencia, valor, sobriedad, cordura u otras concebibles virtudes de nuestros dirigentes.

El invierno nuclear subraya la disuasión al incrementar el riesgo definitivo del agresor por medio de la probabilidad de la represalia, no por parte del adversario, sino por el sistema climático terrestre. El conocimiento del invierno nuclear debe, por tanto, actuar cada vez más, pero quizá de forma decisiva, como una fuerza de estabilización.

En Estados Unidos se ha expresado la preocupación respecto de una «percepción asimétrica» del invierno nuclear: una preocupación de que los norteamericanos puedan tomar en se-rio el invierno nuclear mientras que los soviéticos es posible que sólo *hagan ver* que se lo toman en serio, lo cual llevaría a unos incentivos desequilibrados para cesar en la carrera de armamentos. Incluso aunque esto resultara plausible, se hace difícil al ver cómo disminuiría la seguridad de Estados Unidos, dado que cada uno de los bandos es capaz de infligir un daño inaceptable en el otro, con un margen muy sustancioso e inclu-so enorrne. Sin embargo, las leyes de la Naturaleza son las mismas tanto en Moscú como en Washington, y existen pruebas abundantes de que el invierno nuclear es también tomado en serio en la Unión Soviética (véase capítulo XIII). Por el contrario, la reacción oficial estadounidense acerca del invierno nu-

clear, por lo menos para el consumo público, aparece como mucho más restringida que la reacción oficial soviética. Curiosamente, esto puede deducirse, en parte, del hecho de que el invierno nuclear implica un aumento importante en el número de bajas de civiles norteamericanos, en el caso de guerra nuclear. Colin Gray y Keith Payne —el primero de ellos, un influ, yente estratega nuclear estadounidense de la escuela de Herman Kahn— alegan que, si sólo se prevén 20 millones de bajas estadounidenses en la coyuntura de una guerra nuclear, entonces las «amenazas estratégicas de Estados Unidos» resultan «más creíbles», mientras que si las bajas americanas alcanzan por ejemplo, los 100 millones, en dicho caso «un presidente de Estados Unidos no puede amenazar de forma creíble» con una guerra nuclear para llevar a cabo sus objetivos políticos (véase recuadro). Este último caso se considera una restricción desgraciada para las esenciales prerrogativas presidenciales. El invierno nuclear convierte en altamente improbable que las bajas norteamericanas puedan mantenerse por debajo de los 20 millones en un intercambio central; de todos modos, resulta aún más probable que, en dicho caso, morirían todos los estadounidenses. Por ello, el invierno nuclear desafía el empleo coercitivo (no disuasorio) del armamento nuclear en Estados Unidos (lo mismo que en la Unión Soviética), como norma de política exterior (ref. 10.7).

Existe asimismo una asimetría de *efectos*, a causa de la naturaleza más marginal de la agricultura soviética. A partir de la propagación de los más graves efectos climáticos (como resulta de las simulaciones tridimensionales por ordenador de la circulación general atmosférica, sobre todo a través de películas de mapas del tiempo calculados para el mundo de la posguerra), parece probable que, más que un invierno nuclear poco riguroso, la Unión Soviética sufriría considerablemente más que Estados Unidos (véanse, por ejemplo, las refs. 3.7, 3.11, 3.13, 3.16 y las láminas 11-18). Además, la Unión Soviética depende en extremo del grano americano, pero no viceversa; incluso aunque —lo cual es contrario a todo tipo de evidencia— un invierno nuclear, a continuación de un ataque soviético, se restringiera sólo a Norteamérica, el hambre masiva en la Unión Soviética continuaría siendo una consecuencia acarreada por todo ello. Estos hechos deben de haber contribuido a lo muy en serio que la Unión Soviética se ha tomado lo del invierno nuclear.

Pueden asimismo pensar que esos hechos deberían —con las incertidumbres residuales— haber influido ya en la actualidad en la política y doctrina estratégicas. Pero existe una curiosa reticencia a admitirlo. El climatólogo australiano, Barrie Pittock, escribe:

> Moscú hasta ahora no se ha mostrado muy deseoso de admitir en público que, lo aportado por el nuevo conocimiento de los efectos en el medio ambiente de la guerra nuclear, haya producido algún cambio significativo en su manera de pensar, porque una admisión de este tipo pondría en tela de juicio las bases racionales de sus estrategias militares mantenidas durante tanto tiempo. El admitir que el empleo a gran escala del armamento nuclear constituye algo suicida, sería tanto como confesar que ya no es creíble la confianza en la política de disuasión nuclear. El simple hecho de admitirlo, cambiaría la situación estratégica de unas formas que podrían ser peligrosas para los intereses estratégicos de cada uno de los bandos (ref. 10.8).

¿Qué se puede hacer si la base de la disuasión se nos ha caído de repente a los pies y uno no puede llegar a admitirlo en público? ¿Se ha de ignorar o negar el cambio, o dejar que, poco a poco, influya en la política? ¿O ambas cosas?

EL DILEMA AL QUE NOS ENFRENTAMOS

Una de las más chocantes implicaciones del invierno nuclear es que nos podemos autodestruir al atacar a nuestro enemigo. Algunos expertos habían mantenido durante mucho tiempo que no existe una utilidad militar en el armamento nuclear, o en algunos tipos de armas nucleares. Y ahora nos hemos enterado de que, al emplear la opción militar, nos estamos disparando a nuestra propia cabeza. Si el estudio del mvierno nuclear es correcto, poseemos millares de armas en nuestro arsenal que están apuntando contra nosotros mismos. Naturalmente, existe la misma situación en la Unión Soviética. El dilema ante el que nos enfrentamos es que la opción estratégica que hemos adoptado para asegurar la disuasión, asegura también nuestra propia autodestrucción.

De «Declaración inaugural del senador Proxmire vicepresidente», en *Consecuencias de la guerra nuclear: sesiones ante el Subcomité de Comercio Internacional, Finanzas y Seguridad económica del Comité Económico Conjunto, Congreso de los Estados Unidos,* 98.° Congreso, segunda sesión, 11 y 12 de julio de 1984. (Washington, D.C.: U. S. Government Printing Office, 1986), 99.

ADEMÁS DE DISUADIR PARA LA GUERRA, ¿PARA QUÉ SIRVEN LAS ARMAS NUCLEARES?

La justificación típica de poseer armas nucleares y sus formas de lanzamiento, radica en impedir que un adversario potencial pueda usar, o amenazar con usar, su arsenal nuclear. Esto suena bastante inofensivo. Sin embargo, la realidad es algo diferente. Por lo menos al principio, existe una asimetría fundamental entre los Estados Unidos y la Unión Soviética en política de armas nucleares: los Estados Unidos han llevado a cabo el desarrollo y despliegue del armamento nuclear como un relativamente poco costoso escudo contra la agresión de lo que se consideraba «abrumadora» superioridad soviética en armas convencionales, y ello también significa, tanto explícita como implícitamente, el prevenir la intimidación, o lograr concesiones, de otras naciones. Esta última función coercitiva ha quedado muy aclarada por analistas de muy diferentes tipos ideológicos (por ejemplo, Colin S. Gray y K. Payne, «La victoria es posible», *Foreign Policy 39,* verano, 1980, 14-27; Daniel Ellsberg, «¿Cómo emplear nuestros arsenales nucleares?», en D. U. Gregory, ed., *The nuclear predicament: A Sourcebook* [Nueva York: St. Martin's, 1986], 90-96).

Las fuerzas estratégicas estadounidenses no existen sólo para la disuasión, según escriben Gray y Payne, sino también para «apoyar la política exterior estadounidense» a través de la intimidación nuclear. «Occidente necesita crear medios en los que pueda emplear coercitivamente las fuerzas nucleares estratégicas, aunque minimizando el potencialmente paralizador impacto de la autodisuasión... Una condición de paridad o equivalencia esencial es incompatible con unos ampliados deberes de disuasión.» Esta doctrina, aunque adoptada por ambos lados, ha llevado, como es natural, a la carrera de ar-

155

mamentos. El que la posición de Gray y Payne haya constituido una corriente principal en el punto de vista de los estadounidenses, ya quedó clara en las Memorias del presidente Eisenhower.

> Resultaría imposible, para los Estados Unidos, mantener sus compromisos militares que hoy tiene en todo el mundo (sin convertirse en un Estado-cuartel) si no poseyésemos armas atómicas y la voluntad de emplearlas si ello fuese necesario. [Dwight Eisenhower, *Mandate for chance,* volumen I (Nueva York: Double-day, 1963), 180.]

Estados Unidos fue la primera nación en desarrollar el armamento nuclear, y la única nación que lo ha usado para destruir ciudades. Ha sido responsable de los desarrollos más técnicos en los sistemas de lanzamiento, incluyendo el invento del MIRV (Vehículos de reentrada con blancos múltiples independientes), que ha incrementado en sumo grado tanto la capacidad de destrucción como la crisis de inestabilidad de los arsenales nucleares de ambas superpotencias.

Desde de un punto de vista común de los analistas de la política estadounidense, las reducciones importantes en armamento nuclear llevarían a un mundo en que las armas convencionales desempeñarían un papel mucho más importante, y en el que los masivos ejércitos terrestres de la Unión Soviética, China, India, las Coreas y Vietnam tendrían mucha mayor influencia de la que poseen hoy. A pesar de los ocasionales compromisos públicos de mayores cortes en los arsenales nucleares —que, dado que se han incorporado a la Prohibición Limitada de Pruebas de 1963 y a los tratados de No Proliferación Nuclear de 1968 (ref. 20.4), constituyen, de hecho, una ley del país—, muchos estrategas estadounidenses siguen manteniendo hondas suspicacias respecto de masivas reducciones mutuas en los arsenales nucleares, aunque sean equitativas y verificables. Desean unos vastos arsenales nucleares estadounidenses para hacer frente a las fuerzas convencionales de otras naciones y para que la política exterior de Estados Unidos tenga las manos libres. Esto es lo que se denomina disuasión «ampliada». Un punto de vista opuesto enfatiza el devastador poder destructor de incluso un arsenal estadounidense fuertemente reducido, así como un extendido recelo público hacia la di-suasión extendida. En 1985, en el punto culminante de las caracterizaciones de la Administración Reagan, cuando con-

sideraba a la URSS como un «imperio diabólico», casi las tres cuartas partes de la población norteamericana no creía que las armas nucleares de Estados Unidos llegasen a usarse incluso aunque la Unión Soviética «estuviese arrasando Europa con fuerzas convencionales no nucleares» *(A National Study of Attitudes toward nuclear weapons and arms control* [Boston: Marttila y Kiley, setiembre de 1985]). En 1988
—antes de las series de revoluciones en Europa oriental_
sólo el 8% del pueblo americano creía que el armamento nuclear se emplease para contrarrestar una invasión convencional de Europa occidental *[Americans Talk Security,* National Survey, núm. 6 (Boston: Marttila y Kiley, junio de 1988)]. Sea cual sea la extensión en que el gobierno responda a la voluntad del pueblo, tales puntos de vista, sostenidos por muchos, tienden a socavar la disuasión extendida. El debate nos recuerda que existe una conexión entre las reducciones de armamentos nucleares y los convencionales.

La Unión Soviética ha desarrollado el armamento nuclear para neutralizar la posibilidad de la intimidación de Estados Unidos (y, más generalmente, el poder y la influencia de Estados Unidos), para contrarrestar las armas nucleares occidentales y para desinhibir el empleo de las fuerzas soviéticas convencionales, y como una forma adicional de entrar en el estatus reconocido de superpotencia, y para los propósitos de ejercer coerción e intimidación sobre otras naciones (cf. D. Holloway, *The Soviet Union and the Arms Race* [New Haven: Yale University Press, 1984]). Un menos caritativo punto de vista sostiene que una función principal de los arsenales nucleares de cada una de las naciones consiste en que permite intervenir en otras naciones (incluyendo las desarrolladas) sin tener que preocuparse de que las otras superpotencias traten de disuadirlas (cf. ref. 15.1).

El Mando de Jefes Conjunto nos ha proporcionado una comparación entre los objetivos de seguridad nacional de soviéticos y estadounidenses, más equilibrados que los que se dieron en Administraciones anteriores, pero aún ricamente asimétricos:

> Los objetivos de seguridad nacional de la Unión Soviética tienen por misión reforzar el sistema político soviético, preservar la dirección del partido comunista, extender y acrecentar la influencia soviética por todo el mundo, defender la patria soviética y mantener el dominio sobre las zonas terrestres y marítimas adyacentes a las fronteras soviéticas... En el pasado, los soviéti-

cos han empleado esta potencia militar para hacer avanzar sus intereses a través de la intimidación, diplomacia coercitiva, o el empleo directo de la fuerza. La retirada soviética de Afganistán y la reciente voluntad de cooperar en la resolución de los conflictos regionales refleja su reevaluación de este enfoque...

La estrategia militar de Estados Unidos en tiempo de paz está prevista para:

1) la salvaguardia de los Estados Unidos y sus alia dos y sus intereses, a fin de impedir la agresión y la coerción en todo el espectro del conflicto; y si la disua sión fracasara, para derrotar una agresión armada y fi nalizar las hostilidades en unos términos favorables a los Estados Unidos y sus aliados.

2) Alentar y ayudar a nuestros aliados y amigos a defenderse contra la agresión, coerción, subversión, al zamientos y terrorismo.

3) Asegurar el acceso a los recursos críticos, mer cados, los océanos y el espacio para los Estados Unidos, sus aliados y sus amigos.

[Mando de Jefes Conjuntos, *1989 Joint Milita-ry Net Assessment* (Washington, D. C: Departamento de Defensa, 1989), Resumen ejecutivo, ES-2, ES-3.]

El punto 3) de los Jefes Conjuntos aclara el significado de la disuasión ampliada.

Los portavoces militares soviéticos han proporcionado unas comparaciones más simplistas y desequilibradas. Por ejemplo, consideremos las siguientes observaciones, muy típicas dentro de su área, de un ex ministro de Defensa soviético:

Dentro de las doctrinas militares modernas debemos mencionar, por encima de todas, la de los Estados Unidos de América. Su idea principal consiste en confirmar la hegemonía mundial de Estados Unidos... La doctrina militar soviética actúa en fuerte contraste con las doctrinas militares de los Estados capitalistas. Se trata de un sistema de puntos de vista fundados científicamente acerca de la esencia, el carácter y los métodos de llevar a cabo una guerra que pueda imponerse sobre la Unión Soviética... Los ideólogos de la burguesía... han creado y mantienen intensamente el mito de la lla-

mada «amenaza soviética» a la paz. Extienden falsas versiones respecto de que las fuentes de las guerras en la era moderna no recaen en la naturaleza agresiva del imperialismo, sino en la ideología del comunismo, y presuntamente en el intento por parte del Estado soviético de «exportar la revolución». [Mariscal A. A. Grech-ko, *Las Fuerzas Armadas del Estado soviético*, segunda edición (Moscú, 1975). La traducción inglesa (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1978, documento 0-254-358) lleva esta no sorprendente advertencia: «La traducción y publicación de *Las Fuerzas Armadas del Estado soviético* no constituye una aprobación, por parte de ninguna organización del gobierno de Estados Unidos, de las deducciones, hallazgos y conclusiones contenidas a continuación.»]

O para tener otra declaración de los analistas del Ministerio de Defensa soviético,

> mientras que el socialismo es capaz de llevar a cabo los logros de un progreso científico y tecnológico, de acuerdo con las necesidades del progreso social, el capitalismo no es aún de ello. Los desgarradores antagonismos sociales, el culto de la fuerza, el espíritu de beneficio y la orientación hacia la confrontación prevalecientes, todo ello contiene prerrequisitos objetivos para el empleo de los logros de la revolución científico-tecnológica en unas formas catastróficas para la Humanidad. [Boris Kanevski y Piotr Shabardin, «La correlación de políticas, guerra y catástrofe nuclear», *International Affairs*, febrero de 1988, 95-104.]

Consideremos estas observaciones de dos importantes científicos soviéticos:

> Existen dos tendencias directamente opuestas en el mundo de hoy. Los círculos imperialistas más agresivos almacenan armas y realizan sistemáticos esfuerzos para acostumbrar a la opinión pública a la idea de la permisividad del empleo de esas armas y la aceptabili' dad de la guerra nuclear. Esta peligrosa acción se ve contrarrestada por la Unión Soviética, los países de la comunidad socialista y las fuerzas de la paz y de la razón en todo el planeta. [V. Goldanski y S. Kapitsa'

«Científicos y las consecuencias globales de una guerra nuclear», *Izvestia,* 25 de julio, 1984, 5.]

Dejan de lado el mencionar que el stock nuclear soviético ha sido antes, como lo es ahora, más o menos tan grande como el estadounidense, y que el hacer ver los peligros de la guerra nuclear ha constituido un elemento básico de la propaganda militar soviética y de los manuales de campo para la mayor parte de la Guerra fría (cf. refs. 5.16, 13.30). Uno de los autores del artículo de *Izvestia* recuerda que el párrafo en cuestión fue insertado por los censores en los inicios de la glasnost (Vitali Goldanski, comunicación privada, 17 de enero de 1990). Tanto Goldanski como Kapitsa han sido siempre muy abiertos y valerosos en sus declaraciones públicas acerca de cuestiones políticas.

Capítulo XI
CONSECUENCIAS DE LA EJECUCIÓN

Los fuegos de la guerra se han encendido...

La nación
ha quedado destruida...

De «Perspectivas de primavera», por Du Fu (dinastía Tang, 757), en Greg Whincup ed., *The heart of chinese poetry* (Nueva York: Anchor Press/Double-day, 1987), 65.

Existe una especie de caja de seguridad en la base de la Fuerza Aérea cerca de Omaha, Nebraska, en la que se guarda un documento, que se pone al día de manera regular, señalado con las más altas medidas de secreto. Tal vez exista también una copia en Washington. Su título es: «Consecuencias de la ejecución.» Constituye una detallada estimación de lo que sucedería si se llevase a cabo alguno de los diversos planes de una guerra nuclear. Su existencia está prevista para que la Autoridad del Mando Nacional —el Presidente, y los designados por él mismo y sus sucesores— pueda formarse un juicio exacto si llega esa fatídica hora. Se trata de uno de los documentos más importantes de la Tierra. Como es natural, no sabemos la información que ese libro contiene. (Ni siquiera estamos seguros

que exista, aunque nos lo han confirmado fuentes dignas de crédito.) También debe de existir otro libro comparable alojado en alguna caja fuerte en Moscú, y otros libros más delgados en Londres y París, y Pekín y, tal vez, en otras partes. ¿Qué dicen esos libros? ¿Toman en consideración el invierno nuclear? Y, de no ser así, ¿está recibiendo la «Autoridad del Mando Nacional» toda la información que sea relevante? ¿Cómo pueden adoptarse decisiones acerca de la guerra nuclear sin comprender todo el alcance de las posibles consecuencias?

Las naciones que combatan en una guerra nuclear pueden esperar —además del frío y de la oscuridad del invierno nuclear— quedar devastadas por las explosiones, los incendios, la radiación instantánea, las pirotoxinas, la lluvia radiactiva y las elevadas intensidades de la luz ultravioleta. Incluso en las previsiones más restringidas, donde los blancos urbanos son meticulosamente evitados, la primera lluvia radiactiva constituiría ya de por sí un enorme peaje (ref. 11.1). Un ataque más generalizado sobre las cien mayores ciudades mataría en un instante a centenares de millones de personas (ref. 5.10) y destruiría la infraestructura económica de la nación que estuviese siendo atacada. Sin embargo, excepto en las peores previsiones, muchas decenas de millones sobrevivirían, aunque bajo un extraordinario agobio físico y mental. También cabría esperar numerosas muertes tardías (ref. 11.1). He aquí, pues, algunas de las consecuencias de la ejecución.

Las naciones combatientes se contarían entre las más ricas del mundo, por lo general con grandes reservas de grano, ademas de otras materias primas, y alimentos procesados. Muchas de ellas serían autosuficientes en agricultura mecanizada. Pero se producirían bajas temperaturas, bajos niveles de luz; grandes zonas de tierras agrícolas quedarían contaminadas por la reactividad y los gases tóxicos y, más tarde, serían irradiadas por la luz ultravioleta; la interrupción o destrucción de los críticos abastecimientos de combustibles, fertilizantes, semillas, irrigación, herbicidas, pesticidas y las instalaciones para la cosecha almacenado, procesado y entrega de los alimentos; además, habría plagas de insectos y la agricultura descendería en picado, o desaparecería, durante un prolongado período de tiempo (ref.3-11)- En las naciones combatientes, la mayor parte de los supervivientes de los primeros días de la guerra también se morirían, sobre todo, a causa del hambre. Todo esto for-

ma parte de las consecuencias de la ejecución.

Las aves y los mamíferos son más vulnerables al frío, la oscuridad y la radiación que los insectos que constituyen sus presas, y se producirían unas plagas de insectos, tal vez de proporciones bíblicas. Los insectos y los microorganismos portadores de enfermedades se extenderían en el preciso instante en que los hospitales habrían quedado destruidos, habría muerto una gran proporción de médicos, no existirían medicinas disponibles y los sistemas inmunitarios de los sobrevivientes se hallarían debilitados por un estrés sin precedentes, tanto físico como emocional. Éste es un ejemplo de «sinergia», la adversa interacción multiplicadora de las consecuencias de la ejecución.

A pesar de esta lúgubre perspectiva, algunos optimistas pronosticadores han previsto la recuperación del producto nacional bruto y de la calidad de vida en Estados Unidos unas cuantas décadas después (ref. 11.2). Presumiblemente, se imaginan que tales nociones de recuperación nacional podrán también aplicarse, en grados diferentes, a otras partes del mundo. También se ha sugerido, de manera oficial, que la agricultura residual podría casi de inmediato alimentar a los supervivientes de un ataque nuclear sobre Estados Unidos, y que dicha recuperación sería rápida (ref. 11.3). Pero nos mostramos del todo es-cépticos al respecto. El invierno nuclear arroja una sombra muy larga sobre las predicciones de recuperación de las naciones combatientes. Incluso en el caso más benigno de las anomalías climáticas previstas en los modelos actuales de invierno nuclear, eso incluye un prolongado fracaso en las cosechas del año, o de los dos años siguientes, en que se produzca la guerra nuclear (ref. 3.11), tal y como sucede, a una escala menor, en el «invierno volcánico» después de una importante explosión de los volcanes. Es muy probable que muy poca, o ninguna, deja agricultura de la zona de blanco de la latitud media del hemisferio Norte sobreviva al primer año, y la producción, durante varios años más, quedaría tal vez frustrada por un tiempo un' previsible y anómalo (ref. 11.4). La prognosis de una población que se hallará afligida por heridas extensas y profundas, una exposición sin precedentes a la radiactividad y a las pirotoxinas, graves problemas sanitarios y de enfermedades, traumas sociales y psicológicos, carencia de alimentos, agua potable, medicinas y cuidados médicos, extrañas y extremas variaciones, en el tiempo —incluyendo intervalos de profundo frío, violentas

tormentas, sequía y, finalmente, aumentos en la intensidad de la abrasante radiación ultravioleta, no deja de ser de lo más desfavorable.

Se han estudiado preparativos de defensa civil para la protección de los ciudadanos de las naciones que se hallen en riesgo de la explosión y de la lluvia radiactiva, o respecto de su nuevo asentamiento en áreas que no hayan sido afectadas por la guerra. Sin embargo, Estados Unidos y otros muchos países se han percatado de que la construcción y mantenimiento de unos refugios efectivos para toda la población amenazada sería en extremo costoso incluso para ser tomado seriamente en cuenta (ref. 11.5). Los planificadores soviéticos sólo han previsto refugios para los dirigentes civiles y militares, sobre todo como un medio de tranquilizar a las víctimas potenciales, y sobre todo por razones políticas (véase recuadro). Además, incluso los refugios en masa más sofisticados, sólo se han diseñado para su ocupación durante un plazo breve (tal vez unas cuantas semanas). No existen planes de defensa civil para la gran masa de la población superviviente en un medio ambiente gravemente degradado, ni tampoco puede haberlos. Para evitar la difícil admisión de que resultan sin valor unos refugios a gran escala para la población civil, dado el probable medio ambiente de posguerra, los planificadores de la defensa civil estadounidense han optado, en realidad, por ignorar el invierno nuclear; tampoco existe el menor indicio de la posibilidad del invierno nuclear en los documentos de planificación de la entidad gubernamental que tiene la disposición mejor, la Agencia Federal para Actuaciones de Emergencia (ref. 11.6).

Irónicamente, un sistema de refugios a nivel nacional, y diseñado sin tener en cuenta los efectos a largo plazo, podría incrementar, después de pasada la necesidad de los tales refugios, las demandas de sistemas agrícolas y médicos (estos últimos debido a que muchos de los supervivientes en los refugios habrían recibido dosis de radiación subletales, pero debilitantes, con unos sistemas autoinmunitarios disminuidos y/o habrían desarrollado graves enfermedades durante su período de confi-namiento). A la luz del invierno nuclear, los refugios civiles tipo estándar considerarse como algo que posponga durante breve período, pero que difícilmente llegue a prevenir, las muertes de un amplio número de aquellos que puedan llegar a

un refugio después de un intercambio central. Y el invierno nuclear convierte en crítica la «nueva ubicación» de los refugiados urbanos, que necesitan la ayuda del campo para su alimenta ción y tener así una mínima esperanza.

Resumiendo, en las naciones combatientes, el invierno nuclear amenaza profundamente a la población superviviente y plantea graves desafíos a la recuperación de la sociedad y de la economía después de una guerra nuclear. Tenemos la esperanza de que este hecho quede anotado en los libros guardados en Omaha y en Moscú (ref. 11.7).

INVIERNO NUCLEAR Y HAMBRE

Tal vez la influencia más profunda del invierno nuclear sobre el ser humano sería, de manera sucesiva, el hambre, la mala alimentación y la inanición total. A continuación damos una desolada relación de un experto en nutrición:

> Históricamente, las hambres han sido de dos clases: aquéllas en las que existe una carencia absoluta de alimentos y aquellas otras en las que, simplemente, la gente no tiene dinero para comprarse alimentos y no se les distribuyen. La guerra nuclear precipitaría a la vez ambas clases de hambre. No tenemos precedentes acerca de los efectos climáticos de un invierno nuclear, pero tenemos una abundante y lúgubre evidencia histórica de lo que puede sucederles a la nutrición y a la salud de las poblaciones humanas. El dinero para comprar comida puede ya no existir para todas aquellas personas cuyos empleos han desaparecido a causa del conflicto, en un país cuyo gobierno e infraestructura han quedado destruidos y donde el dinero, probablemente, carezca ya de significado. Como ha sucedido tan a menudo en el pasado, y más recientemente en Etiopía y en *el* Sahel, pero varias veces durante este siglo en la India, los movimientos regionales de los alimentios necesarios para aliviar las hambres locales no tienen lugar.
>
> Las hambres causadas por desastres naturales y las guerras han azotado a la Humanidad a través de toda su historia, y las consecuencias nos son muy familiares-El hambre origina que el pueblo desesperado no per' manezca en orden y disciplina. En las hambres del siglo

XVIII, los almacenes, mercados e incluso graneros, se vieron saqueados y los alborotos a menudo no pudieron dominarse ni con gran número de tropas.

Las pruebas ocurridas en el siglo XX son aún más sorprendentes porque derivan de acontecimientos ocurridos dentro del recuerdo reciente y se hallan muy bien documentados. Herbert Hoover, en su obra en tres volúmenes *An american epic* [Chicago: Regnery, 1959-1961], describe un hambre absoluta que afectó a 25 millones de personas en el valle del Volga y en Ucrania, Rusia, en 1921 [originada en parte, por la guerra civil rusa]. En aquel momento se creía que moriría toda la población de esas zonas al cabo de unos cuantos meses. La mala alimentación y el hambre resultaban evidentes por todas partes, y se veía a los muertos tirados por las calles y por las carreteras que llevaban a las ciudades, donde pronto serían presa de los perros y de las aves. Los muertos desnudos se amontonaban para ser después transportados al cementerio, donde unos grandes fosos, aproximadamente de 3 metros de profundidad, pudiesen acomodar a varios cientos de cadáveres. Sólo en la ciudad de Orenburg, se informó en aquella época que se producían 800 muertos diarios.

En enero de 1921, los cuerpos de los que habían muerto eran demasiado numerosos para poderlos enterrar y se apilaban en montones en los edificios. A menudo eran robados y se cocía la carne como alimento. El tifus y las fiebres tifoideas se convirtieron en endémicos, y abundaba la disentería, con un índice de fallecimientos de hasta el 50 % en los niños. El pan se hacía con hojas, con cortezas de abedul y de olmo, serrín, cascaras de nueces, ruibarbo, juncos, cacahuetes, paja, peladura de patatas, coles, hojas de remolacha e incluso con boñigas de caballo. Los animales muertos constituían un auténtico lujo. Hacia el verano de 1921, los supervivientes luchaban por su vida para poder comer perros, ratas, raíces, pieles, huesos y toda clase de desechos. Los hombres habían perdido la razón y se habían convertido en caníbales. Una gran variedad de enfermedades infecciosas agravaba los ya enormes sufrimientos de los hambrientos. Un relato contemporáneo los describe así: «En busca de comida, los agotados, enfermos y desnudos hambrientos se arrastraban penosamente en busca de las ciudades y los pueblos más grandes, con la esperanza de encontrar allí alimentos. A cada paso se

tropezaba con esqueletos vivientes, ya apenas capaces de moverse, o ya completamente exhaustos y moribundos donde habían caído.» [Hoover, *ibíd.]*

Todo esto ocurría en el siglo actual, como resultado de las devastaciones en época de guerra, pero resulta algo trivial en comparación con un holocausto nuclear y sin que se viese afectado por los efectos de la radiación. ¿Puede existir alguna duda respecto de que se diesen escenas similares en Norteamérica y Europa entre cualquier tipo de concentración de supervivientes tras un intercambio nuclear con la clase de destrucción que efectivamente se habría producido? Al final de la Primera y la Segunda Guerra Mundial, los grandes embarques de alimentos, desde Estados Unidos, llegaron a salvar millones de vidas (*).

Con la guerra nuclear afectando tanto a Europa como a Norteamérica, ya no habría una fuente que proporcionase semejante solución. [Nevin C. Scrimshaw, «Alimento, nutrición y guerra nuclear», *New England Journal of Medicine 311,* 1984, 272-276.]

(*) [El hambre de 1921 descrita aquí se acabó con los alimen tos suministrados por el pueblo de *los* Estados Unidos, en un esfuer zo dirigido por el futuro presidente Hoover; salvó la vida de millo' nes de ciudadanos soviéticos.]

EL SISTEMA DE REFUGIOS SOVIÉTICO

Durante muchos años, la doctrina soviética ha puesto el énfasis en la importancia de refugios: para los dirigentes, para los militares y para la población civil. El mariscal Sokolovski enfatizó el asunto de los refugios en su libro *Estrategia militar soviética,* que produjo un enorme impacto sobre los estrategas estadounidenses (V. D. Sokolovski, ed., *Voennaia Strategia* [Moscú: Voenizdat, 1962 y ediciones posteriores]).

Una sobria valoración estadounidense:

> El concepto soviético de dirección de la guerra va más allá de buscar refugio a un pequeño número de dirigentes clave y ha sido diseñada para procurar la continuidad en el liderazgo a todos los niveles...
>
> El componente central del programa de continuidad en el liderazgo soviético es un sistema omnicomprensivo y redundante de puestos de mando e instalaciones de comunicación construidos con hormigón, puestos móviles de mando y nuevos lugares de ubicación urbana. Los actuales puestos de mando consisten en búnqueres cerca de la superficie, así como otros más complejos a grandes profundidades. Algunas instalaciones del área de Moscú se hallan a centenares de metros de profundidad y pueden acomodar a millares de personas. Unas instalaciones similares y más reducidas existen también por debajo de las principales ciudades soviéticas. Los búnqueres cerca de la superficie se han construido asimismo para los militares, para el partido comunista y para las autoridades gubernamentales, a través de toda la Unión Soviética. [Mando de Jefes Conjunto, *1989 Joint Military Net Assessment* (Washington, D. C: Departamento de Defensa, 1989), 7.1.]

El Departamento de Defensa estima la existencia de 1.500 refugios de hormigón para 175.000 miembros del partido comunista y funcionarios del gobierno (Departamento de Defensa de Estados Unidos, *Soviet Military Power* [Washington, D.C.: U. S. Government Printing Office, 1987], 52). Presumiblernente, habría también lugares para miembros de otros Partidos políticos, en el caso de que el proceso de democratización se extendiese más en la URSS.

Una valoración tal vez menos sobria es la realizada por el ex jefe de la Inteligencia de la Fuerza Aérea de Estados Uni. dos, el general de División George J. Keegan, Jr., que cree que la Unión Soviética ha construido unos 75 refugios subterráneos «en cada ciudad de los distritos militares», lo cual implica un coste de unos 15 billones de dólares (William E. Bu-rrows, *Deep Black: Space espionage and National security* [Nueva York: Berkley Books, 1988], 5-6; cf. ref. 4.5, en especial sus capítulos V y VIII). Esta suma es mayor que la cantidad total gastada por Estados Unidos durante la guerra fría, a partir de 1945. Las cifras reales en rublos es probable que sean mucho menores.

La escala de los preparativos soviéticos para asegurar la supervivencia de la élite de los líderes ha sido la principal responsable del continuo desarrollo, por parte de los Estados Unidos, de las ojivas nucleares taladrantes, «o que penetran en la tierra», que, tras llegar a la URSS, se hunden en busca de los refugios de los dirigentes, antes de explosionar. Tanto los misiles MX como el Trident 2, al parecer, están equipados con tales ojivas nucleares (cf. Edgar Ulsamer, «Misiles y objetivos», *Air Forcé Magazine,* julio de 1987, 70; James W. Canan, «La peligrosa calma en la modernización estratégica», *Air Force Magazine,* octubre de 1988, 74; Warren Strobel, «Estados Unidos fabrica bombas nucleares que taladran», *Washington Times,* 12 de setiembre, 1988, 1). La motivación parece ser, aproximadamente, la misma que la decisión del primer ministro Jruschov, a pesar de las protestas de Andréi Sajarov, de desarrollar y probar armas nucleares de una fuerza explosiva de 50 a 100 megatones, capaces de destruir los puestos de mando estadounidenses subterráneos. Asimismo, Estados Unidos está volviendo a bombas de gravedad de alta fuerza explosiva (de 9 megatones y posiblemente más), con las que llenar sus arsenales, sobre una base de provisionali-dad, para poder amenazar los refugios de los dirigentes soviéticos hasta que estén preparadas las armas taladrantes.

No existe la menor duda de que también se han construido en la Unión Soviética refugios grandes *civiles,* en los que se almacenan víveres y otros suministros. Pero, incluso dejando de lado el invierno nuclear, tendrían muy poco efecto sobre el resultado de una guerra nuclear. Según el ex director de la CÍA, William Colby, se construyeron por razones de moral. [Burrows, Deep Black, págs. 14,15.] Cuando uno de nosotros (C. S.), preguntó a un funcionario soviético de alta graduación por qué se ha puesto tanto énfasis en la URSS respecto de la construcción de refugios antinucleares, dado

que su utilidad resulta marginal, replicó: «¿Cómo decirle a nuestro pueblo que no podemos hacer nada para protegerle de una guerra nuclear?» (El mismo razonamiento político se halla detrás de las propuestas estadounidenses para la guerra de las galaxias.) Los refugios desempeñan un papel más político, en ausencia de una guerra nuclear, que un papel estratégico para el caso de una guerra nuclear. A veces, se cree que esto constituye una prudente restricción para no provocar el pánico en el pueblo.

> El conocer los efectos destructivos de las armas modernas no debe desarmar moralmente a los nuestros ante el agresor. Aunque nos cuenten las características destructivas de las armas modernas, los propagandistas deberían guiarse por las enseñanzas de V. I. Lenin, respecto de nuestra propaganda, dirigida a realzar la disciplina y aumentar la preparación militar, y no debemos sobrepasar los límites para que, nosotros mismos, no contribuyamos al pánico. [Elementos del programa de preparación del elemento dirigente; «Defensa civil, propaganda», *Voyennie Znania (Conocimientos militares),* núm. 7, julio de 1984, 23.]

A continuación, un comentario soviético, por Yevgueni Velijov, el hombre responsable de la descontaminación tras el desastre de la central eléctrica nuclear de Chernobil:

> ¿Cómo actuó la defensa civil en Chernobil, donde tuvimos que movilizar a todo el país para limpiar una relativamente pequeña contaminación nuclear? Constituye una auténtica locura pensar que cualquier clase de defensa civil tenga el menor significado en una guerra nuclear. Esto es lo que yo les digo a nuestros militares... [Entrevista con Velijov, «Seguimos recordando Chernobil», en Stephen F. Cohen y Katrina van den Heuvel, eds, *Voices of Glasnost: Interviews with Gorbachev's reformers* (Nueva York y Londres: W. W. Norton & Company, 1989), 171.]

Aunque los refugios soviéticos estuviesen provistos de la comida suficiente, agua, sistemas de filtración del aire, etc., para los meses o años iniciales del invierno nuclear, el mundo que aguardaría por encima de sus cabezas a los ocupantes sería de lo menos prometedor, dejando en pañales el hambre mundial de 1921. Y tampoco habría montañas de

comida donadas desde el extranjero. Sea cual sea la preocupación de los planifícadores militares estadounidenses respecto de la «laguna de refugios», el invierno nuclear debería ayudar a eliminar esa ansiedad.

Capítulo XII

EL INVIERNO NUCLEAR EN LAS NACIONES QUE SE PREOCUPAN DE SUS ASUNTOS

Sea cual sea el derecho que tenga un país a preservar su propia forma de gobierno ante la oposición extranjera, no puede, con ninguna justicia, alegar el derecho a exterminar a muchos millones en países que deseamos mantener apartados del conflicto. ¿Cómo puede, mantenerse que, a causa de que a muchos nos disguste el comunismo, tenemos derecho a infligir la muerte a innumerables habitantes de la India y de África?

BERTRAND RUSSELL, *¿Has Man a Future?* (Nueva York, Simon and Schuster, 1962), 43.

Nuestra simpatía es fría respecto de la miseria distante.

EDWARD GIBBON, *La decadencia y caída del Imperio romano* (1781), capítulo 49.

¿Cuáles son las consecuencias del invierno nuclear en aquellas naciones que se ocupan de sus propios asuntos: naciones no alineadas con las organizaciones del tratado del armamento nuclear, naciones que no desempeñan ningún papel entre los

Estados Unidos y la Unión Soviética, naciones muy alejadas que quieren que las dejen solas?

Después de una guerra nuclear, en las mentes de algunos estrategas, la recuperación es algo que equivale a «ganar» siempre y cuando el adversario se recupere con mayor lentitud o, preferiblemente, no lo haga en absoluto. Pero si el «ganador» no puede reclamar su poder en el momento oportuno, las de más naciones, menos afectadas globalmente, se apresurarían a llenar el vacío económico y militar, obviando presumiblemente la razón que tuviera, en su caso, el vencedor para hacer la guerra. De lo que se deduce que, en el caos y la rutina de la muerte en masa de una guerra nuclear, se alcanzarían los blancos militares y económicos de las naciones no combatientes para que no se convirtieran en rivales de posguerra de los combatientes. Asimismo, se zanjarían con rapidez antiguas motivaciones. La justificación para esa manera de elegir los objetivos se facilita ante el hecho de que los puertos y los aeropuertos que estén lejos de los combatientes guardan potencialmente una significación estratégica para poder volver a cargar, suministrar de nuevo combustible y reparar los aviones, submarinos y barcos de superficie, especialmente en una guerra prolongada, si ello fuese posible.

Los Estados con armamento nuclear es improbable que admitan que su objetivo sea también las naciones no combatientes, pero se trata de algo que se deduce con rapidez de lo que depara la «lógica» de las operaciones estratégicas. Incluso unas cuantas explosiones nucleares dentro de las fronteras de una nación produciría una devastación muy extendida y unas dificultades sin precedentes (ref. 12.1). En las naciones no combatientes, los planificadores prudentes, alineados y no alineados, creemos que serán lo bastante prudentes para considerar todas estas posibilidades.

En un masivo conflicto nuclear las naciones no combatientes, apartadas de las dos primeras alianzas, pueden esperar:

a) Potenciales detonaciones nucleares en instalaciones clave militares o económicas, dentro o cerca de sus fronteras, -incluyendo aeropuertos, puertos (especialmente los equipados para submarinos), centros de comunicación con fábricas, instalaciones petrolíferas y otros objetivos económicos.

b) Cese del comercio con los combatientes y otras nacio, nes abastecedoras, sobre todo en víveres, medicinas, combusti-

bles, fertilizantes, semillas y productos manufacturados.

c) Una corriente de refugiados, muchos de ellos afectados de grave desnutrición, heridas y enfermedades; y desesperadas súplicas de ayuda por parte de las naciones vecinas; y

d) Perturbaciones medioambientales de largo alcance, tal vez de una gravedad sin precedentes.

La mayoría de las naciones no alineadas o débilmente alineadas de África, Sudamérica y Asia, aparentemente no han previsto tales implicaciones nucleares de manos de las superpotencias. Otras, como Nueva Zelanda, han tratado de minimizar el riesgo de un ataque directo nuclear reduciendo el número de blancos potenciales en el interior de sus fronteras (cf. ref. 13.4).

El análisis biológico «SCOPE» (ref. 3.11) trata de los efectos de las perturbaciones a nivel mundial en el comercio agrícola. Se ha descubierto que centenares de millones de personas se hallan en peligro de morirse de hambre, incluso sin importantes perturbaciones climáticas. Los déficits previstos de importación/exportación, en 1990, para muchas de las naciones desarrolladas, alcanza ya un ámbito del 10 al 590%, todo ello sin guerra nuclear o sin un invierno nuclear. Además, los refugiados de las zonas en guerra podrían alborotar las poblaciones locales, incrementando las demandas de alimentos y de otros suministros y apresurar la difusión de las enfermedades. Las relaciones políticas entre las naciones supervivientes tal vez degenerasen con rapidez, y podrían estallar guerras locales, que no harían otra cosa que empeorar aún más la miseria. Por lo tanto, nos parece que las naciones alejadas se hallan del todo justificadas en sus presiones a las superpotencias para unas masivas reducciones en armamento nuclear.

Los no combatientes se enfrentarían a escaseces de alimentos e inanición durante años, todo ello acompañado de unas pandemias globales, especialmente letales a causa de que mu-chos sistemas inmunitarios humanos estarían afectados por las radiaciones (refs. 2.3, 12.2). La lluvia radiactiva, las toxinas per-Judiciales procedentes de las ciudades incendiadas y la radia-ción ultravioleta llegarían en dosis peligrosas, y la imprevisibili-dad del tiempo y del clima, del que dependen las sociedades y las civilizaciones, se llegarían a transformar en una pesadilla prolongada y caótica de fríos, sequías y tormentas. Según el inforrne «SCOPE», las naciones no combatientes sufrirían, en último termino, más bajas que las naciones combatientes (ref. 3.11).174

Consideremos, por ejemplo, a Japón. Posee la economía más fuerte y, según algunos índices, es la nación más poderosa de la Tierra. Imaginemos —lo cual creemos que resulta altamente improbable— que, en una guerra nuclear, no explotase en el Japón, o encima suyo, ni una sola bomba nuclear. No obstante, las nubes del humo del invierno nuclear y la lluvia radiactiva llegarían hasta el Japón gracias a los vientos dominantes, desde los blancos de China, Mongolia, Siberia y las Coreas. Unos comparativamente pequeños descensos en la temperatura (que incluya una sola noche por debajo del punto de congelación) son suficientes para destruir la cosecha japonesa de arroz. Japón importa más del 50% de sus alimentos y más del 90% de su combustible. El comercio mundial quedaría casi eliminado en una guerra nuclear importante, sin considerar el asunto del invierno nuclear. Si un crónico invierno nuclear durase, como mínimo, varios años, seguido por graves incrementos en la intensidad de la luz solar ultravioleta en la superficie (a causa de la disminución de la capa de ozono), no resulta difícil comprender que la economía japonesa quedase destruida y muriesen la mayor parte de los ciudadanos japoneses. Si Japón era tomado como blanco, las consecuencias serían aún más serias. Todos estos asuntos son aún más relevantes para quienes consideran que hay que proveer a las fuerzas de defensa japonesas con armamento nuclear.

Muchas naciones en vías de desarrollo con suministros alimenticios menos estables y economías más frágiles —incluso aquellas situadas en unas latitudes más al Sur—, quedarían aún más totalmente destrozadas. Naciones muy pobladas como Nigeria, o la India, o Indonesia, se derrumbarían en una guerra nuclear, sin que llegase a caer una sola bomba atómica sobre su suelo.

Las consecuencias inmediatas y cierto número de las de a largo plazo —muchas reconocibles durante años—, al parecer no han movido a las superpotencias, a sus aliados, ni a las víctimas potenciales de los Estados no alineados a realizar la acción más débil, excepto la aceleración de la carrera de armamentos Sin embargo, el invierno nuclear, en que miles de millones de no combatientes pueden morirse de hambre, ha ayudado a muchas naciones, tanto las

combatientes como las no combatientes, a cambiar la política en el tema de la guerra nuclear (tal y como se describe en el capítulo siguiente). El invierno nuclear

parece haber despertado de nuevo las preocupaciones acerca de un potencial apocalipsis global, incluso en naciones distantes y del Hemisferio Sur, que en un tiempo se creyeron inmunes a -o incluso potenciales beneficiarios de— una guerra nuclear entre Estados Unidos y la URSS. Más del 85% de los humanos sobre la Tierra viven en el Hemisferio Norte. Una guerra nuclear y un invierno nuclear que se viera por completo restringido al Hemisferio Norte, podría, por lo tanto, destruir a la mayor parte de los humanos. Si unas cantidades significativas de partículas finas fuesen llevadas desde el Hemisferio Norte al Hemisferio Sur (o se produjera en el Hemisferio Sur), o si el enorme agujero en la capa de ozono generado por el invierno nuclear, se desplazase más tarde a través del ecuador, o si las pandemias globales fuesen lo suficientemente serias, en ese caso los efectos medioambientales de la guerra nuclear amenazarían al resto de la especie humana.

Hasta que apareció la teoría del invierno nuclear, la mayoría de los expertos habían alegado que los efectos de una guerra en el Hemisferio Norte quedarían confinados al Norte (descontando, como es natural, la posibilidad de objetivos nucleares en el Sur). Imágenes de ficción de nubes radiactivas extendiendo la letal lluvia radiactiva por todo el mundo (ref. 12.3) no habían sido aceptadas por los analistas más serios. Sin embargo, el invierno nuclear deja claro que, en una guerra nuclear, el medio ambiente de la Tierra debe considerarse como un sistema bio-genético integrado y muy ajustado, que puede verse trastornado a escala global.
Un cálculo muy por encima, de Cao Hongxing y Liu Yuhe, en China, sugiere que cuantas más explosiones nucleares se produzcan a bajas altitudes en el Norte, más fría resultará la temperatura global (ref. 12.4). Uno de los principales efectos del invierno nuclear sobre la agricultura es de tipo indirecto: una disminución media de las lluvias terrestres, en el mes de julio, de un 50% o más en las altitudes medias del Norte sobre un gran rango de profundidades ópticas, acarreará la no pre-sentación, durante una o dos estaciones de crecimiento, de las lluvias[s] del monzón de verano sobre Asia (ref. 12.5). Para unas profundidades ópticas mayores, esa falta de lluvias se ha averi-guado que se extiende también al ecuador. Pittock (ref. 12.6) ha escrito ampliamente acerca de las consecuencias para el Hemisferio Sur de una guerra nuclear en el

Norte. Son más difíciles de prever, aunque la probabilidad de efectos graves es ciertamente más baja que en el Norte. (Sólo por esta razón, la adquisición de armas nucleares por las naciones de las latitudes medias del Sur —por ejemplo, República Sudafricana, Australia, Argentina, Brasil o Chile— podría ser especialmente peligrosa para la especie humana.) Son probables impactos medioambientales y climáticos a largo plazo debidos al humo y al polvo alzados. Hasta ahora los simuladores tridimensionales de la circulación general atmosférica del invierno nuclear no han incluido objetivos en el Hemisferio Sur Si el 1% de los arsenales estratégicos mundiales se dedicasen a blancos urbanos en el Hemisferio Sur, añadidos al complemento del humo del Hemisferio Norte que puede cruzar el ecuador, en ese caso estimamos que se produciría un invierno nuclear importante en el Sur (ref. 12.7).

Da Silva (ref. 12.8) ha propuesto que un invierno nuclear en el Hemisferio Norte, a través de una reducción en las lluvias, podría secar tanto la pluviselva del Amazonas, que los posteriores incendios espontáneos quemarían una zona muy extensa; sugiere que el hollín resultante es suficiente para producir un invierno nuclear secundario tan grave como el primero, pero éste, sobre todo, en el Hemisferio Sur. Alguna clase de incendio mundial parece la explicación de la capa global de hollín al final de la época del Cretáceo, hace unos *65 millones* de años; *esto se* acompaña también de las pruebas del impacto contemporáneo de un asteroide de 10 km de diámetro (o núcleo cometario) con la Tierra, como la presunta causa de la extinción de los dinosaurios y de la mayoría de las demás especies vivas sobre la Tierra (véase capítulo V, recuadro, Invierno de impacto). Incluso en Estados Unidos, con el equipo contra incendios más avanzado del mundo, y en ausencia de invierno nuclear, diez mil kilómetros cuadrados, o más, de bosque se incendian cada año. La guerra nuclear produciría daños en los bosques a nivel mundial, aumentando en extremo el peligro de incendios forestales. Los árboles dañados por la radiación son propensos a la infestación por insectos y microbios, que pueden convertir a los bosques en un yesquero, que sólo aguardase una chispa procedente de un rayo o de los supervivientes humanos. Se trata de un peligro tanto para el Norte como para el Sur, y puede llevar a una significativa segunda oleada de humo inyectado en la atmósfera de la Tierra al año siguiente del invierno nuclear.

Dando por supuesto que no exista ningún blanco en el He-misferio Sur, y no haya «segunda oleada», y pasando por alto las epidemias, el corte de los subsidios a la importación y el incremento del flujo ultravioleta, Pittock (ref. 12.6) ha examinado los efectos del invierno nuclear en Australia, más alejada de los principales blancos de la guerra nuclear que cualquier otra nación de la Tierra. El humo generado en el Hemisferio Norte haría disminuir la intensidad de la luz solar en un 20% durante un año o más. Las caídas medias de temperatura se estiman de 2 a 4 °c en enero (verano australiano). La lluvia disminuiría en toda Australia hasta la mitad. Cuando se incluyen todos los efectos, excepto los objetivos en el Hemisferio Sur y la «segunda oleada» de hollín, los resultados pueden significar la imposibilidad «de atender a la población existente», es decir, que también se produciría en Australia una inanición masiva. (ref. 12.9).

Si se llevara a cabo el extremo más grave del espectro del invierno nuclear en el Hemisferio Norte, la supervivencia de grandes sociedades intactas en el Hemisferio Sur podría constituir la clave de que emergiera de nuevo una civilización global, e incluso se produjera la continuidad de la especie humana. Sin embargo, se necesita realizar una mayor investigación de las consecuencias a largo plazo de un conflicto nuclear (por lo menos durante varios años tras la posguerra) en el Hemisferio Sur, incluyendo en este caso también objetivos en este Hemisferio.

Capítulo XIII

IMPACTO DEL INVIERNO NUCLEAR EN LA POLÍTICA GLOBAL

Por la fuerza de los acontecimientos, nos hemos encontrado, durante los últimos cinco años, en la posición de un pequeño grupo de ciudadanos conocedores de un peligro de muerte para la seguridad de este país, así como para el futuro de todas las demás naciones, del que el resto de la Humanidad no era consciente.

En el pasado, la ciencia había sido a menudo capaz de proporcionar también nuevos métodos de protección contra las nuevas armas de agresión creadas, pero no puede garantizarse semejante eficiente protección contra el uso destructivo del poder nuclear. Y esta protección sólo puede llegar de la organización política del mundo.

JAMES FRANCK Y otros, «El Informe Franck: Un informe del secretario de la Guerra, 11 de junio 1945». Reimpreso en Robert Jungk, *Más brillante que mil soles* (Nueva York: Harcourt, Brace, 1958), págs. 348-360. (El Informe Franck constituyó un llamamiento secreto antes de Hiroshima por parte de algunos de los científicos estadounidenses que ha blan desarrollado la primera bomba atómica. Urgían a que, ante el peligro planteado por la bomba, todas las naciones del mundo se unieran para hacer frente a un peligro que les era común.)

El invierno nuclear ha ayudado a sacudir la complacencia, a forzar nuevas y agonizantes valoraciones y a alterar la política, sólo en las naciones con el arma nuclear, sino en naciones sin armamento nuclear, naciones que no se habían nunca mostrado críticas ante la doctrina estratégica de las superpotencias, naciones que, previamente, carecían de todo tipo de política acerca de la guerra nuclear. Ese cambio en las actitudes de las naciones sin armas nucleares, a su vez, ha empezado a influir en la política de los Estados que sí poseen armas nucleares.

La Declaración de Delhi, de los jefes de Estado o de gobierno de la India, Suecia, Tanzania, México, Argentina y Grecia, se refiere de una manera específica al invierno nuclear, como algo que «pone ante un peligro sin precedentes a todas las naciones, incluso a aquellas que se encuentren muy alejadas de las explosiones nucleares»; censura «a un pequeño grupo de hombres y de máquinas en ciudades muy lejanas que pueden decidir acerca de nuestro destino»; compara a los pueblos del mundo con «un prisionero en la celda de la muerte, que aguarda el incierto momento de la ejecución», y apela a una congelación de las armas desde el espacio y un tratado omnicomprensivo de prohibición de pruebas nucleares (ref. 13.1). Una petición, que apoya esta Iniciativa de Paz en los Cinco continentes, escrita por uno de nosotros, y firmada por 95 premios Nobel, declara:

> La tecnología humana es en la actualidad capaz de destruir nuestra civilización global y quizá también nuestra especie. Las vidas de todos aquellos que habitan la Tierra hoy, y todas las generaciones venideras, se hallan en peligro. Naciones y pueblos, incluso aquellos muy alejados de la zona de objetivo de la guerra nuclear, se enfrenten a una devastación sin precedentes. El peligro de guerra nuclear va más allá de las fronteras religiosas, económicas, sociales e ideológicas. Sean cuales sean nuestras aspiraciones, perspectivas y ambiciones para el futuro» sean cuales fueren nuestras esperanzas para nuestros hijos y sus hijos, todos se hallan ahora en peligro ante la Perspectiva de una guerra nuclear (ref. 13.2).

Javier Pérez de Cuéllar, secretario general de las Naciones

Unidas, con clara referencia al invierno nuclear, exhortó a los Estados miembro el 12 de diciembre de 1984:

> Como secretario general de esta Organización, sin ningún motivo que no sea el interés común, creo justificada la pregunta que debe plantearse a las potencias más avanzadas en poder nuclear: ¿Qué derecho tienen a decidir el destino de toda la Humanidad? Desde Escandinavia a la América Latina, desde Europa y África al Lejano Oriente el destino de todo hombre y mujer queda afectado por sus acciones. Nadie puede esperar escaparse de las consecuencias catastróficas de una guerra nuclear sobre la frágil estructura de nuestro planeta. La responsabilidad asumida por las grandes potencias ya no afecta sólo a sus poblaciones; afecta a todo país y a todo pueblo, a cada uno de nosotros (ref. 13.3).

En su intervención ante la Asamblea General de las Naciones Unidas, del 25 de setiembre de 1984, el primer ministro de Nueva Zelanda, David Lange, declaró:

> Lo que los científicos nos han dejado claro a todos —más claro que nunca— es que las armas nucleares, que han podido ayudar a mantener una paz inestable entre dos grandes países durante más de tres décadas, se han convertido en una amenaza para la seguridad y la supervivencia de los países y pueblos de todas partes (ref 13.4).

Luego se describe el invierno nuclear de una manera explícita. Las críticas del señor Lange quedaron repartidas por igual entre Estados Unidos y la Unión Soviética. En su misma intervención, conmina a esta última:

> A la luz de la devastación que podría causarse por medio de la guerra nuclear, muchos países, de los que Nueva Zelanda es uno, tienen la mayor dificultad en comprender la habitual reluctancia [de la Unión Soviética] a tomar parte en una negociación con los Estados Unidos para el control bilateral de armamentos.

Esta reluctancia desapareció pronto. En la misma Asamblea

General de las Naciones Unidas, representantes de muchas _ naciones extrajeron lecciones políticas del invierno nuclear (ref. B.5). El primer empleo que Nueva Zelanda hizo de las reparacioque le dio Francia —tras el incidente en que unos comandos franceses hundieron el buque *Rainbow Warrior,* de Greenpeace, en el puerto de Auckland, en donde murió un miembro de su tripulación (para impedir que el buque fuese un observador de las pruebas con armas nucleares cerca de Tahití)—, fue patrocinar un estudio de las consecuencias del invierno nuclear para Nueva Zelanda (ref. 13.6).

En las Sesiones especiales sobre desarme de las Naciones Unidas del 1 de junio de 1988, el primer ministro de Suecia, Ingvar Carlsson, comenzó con una descripción del invierno nuclear, extraído del informe de la ONU (ref. 3.16):

> Desde el final de la Segunda Guerra Mundial, un puñado de naciones han adquirido la capacidad de destruirse no sólo unas a otras, sino también a todas las demás. El despliegue del armamento nuclear ha situado a la Humanidad bajo una amenaza que carece de paralelo desde el comienzo de la Historia. Las armas nucleares no son sólo una categoría más poderosa de armas. Son únicas, en el sentido de que su empleo puede amenazar la auténtica supervivencia de nuestra civilización y de la misma Humanidad. .. .Todos los países, por lo tanto, no sólo tienen el derecho sino también el deber... de impedir este desastre definitivo.

El invierno nuclear, según dijo el señor Carlsson, impulsa hacia la necesidad de una «seguridad común», un término acu-ñado por su predecesor, Olof Palme:

> Significa que, en la era nuclear, uno debe buscar la seguridad junto con la del adversario... Significa que no se Puede edificar la seguridad mundial bajo la amenaza de una aniquilación mutua. Significa que no se puede alcanzar la paz atemorizando a los demás países.

En el Reino Unido, el invierno nuclear ha influido a los partidos en la oposición que resulta concebible que lleguen en el

futuro a alcanzar el poder. La Declaración de Política de Defen sa del partido laborista británico, argumenta acerca de una disuasión convencional más que nuclear en Europa, en parte a causa del invierno nuclear:

> Cualquier intercambio nuclear significativo produciría un «invierno nuclear» en el Hemisferio Norte. Centenares de millones de personas morirían de hambre y del hundií miento de las condiciones que sirven de soporte a la vida En el seguro conocimiento de lo que podríamos hacernos a nosotros mismos, y a nuestros países, durante generaciones, ¿resulta razonable creer que, en un momento dado, o bien nosotros, o bien los norteamericanos, lanzásemos las armas nucleares para detener una invasión soviética de Europa? (ref. 9.9).

Dennis Healey, ex primer ministro de Defensa británico, y miembro del gabinete en la sombra del partido laborista, quedó al fin convencido de la futilidad de la fuerza de disuasión nuclear británica, cuando comprendió lo que era el invierno nuclear (ref. 13. 7).

A veces, las implicaciones políticas del invierno nuclear llevan por unas direcciones inesperadas. A principio de los años 1980, y antes, el primer ministro griego, Andreas Papandreu, se oponía a las instalaciones militares estadounidenses en el suelo de su país: la razón principal de ello radicaba en la consiguiente probabilidad de que, en un conflicto Este/Oeste, las ojivas nucleares soviéticas se abrirían paso hasta suelo griego. Pero, en 1985, el señor Papandreu comenzó a bajar el tono de sus objeciones. Declaró que la oposición a las bases americanas «se debilitaba con el paso del tiempo, a causa de que el invierno nuclear acabará con nosotros, seamos bombardeados o no» (ref. 13.8).

En los primeros años después del descubrimiento del invierno nuclear, resultaba muy arriesgado confiar en que se pusiesen en marcha muy pronto cambios importantes en la política y en la doctrina. No obstante, incluso entonces, hubo señales, alguna de ellas considerablemente más que sólo a humo de pajas. Respecto de la Unión Soviética, se nos comunicó (ref. 13.9), ya en los años 1984-85, que los ministros de Defensa y de Asuntos Exteriores habían recibido información acerca del invierno nu-

clear por parte de los científicos soviéticos (ref. 13.10). Habían aparecido artículos respecto del invierno nuclear en *Pravda, Izvestía-* y muchas otras publicaciones de circulación masiva, y se había discutido ampliamente al respecto en la televisión de toda la Unión Soviética (ref. 13.11). Uno de nosotros había dado una conferencia en la Universidad de Moscú, antes de la glasnost, de la que se informó con cierto detalle en la Prensa soviética (ref. 13.12). Vladimir Petrovski, viceministro de Asuntos exteriores, escribe:

> La naturaleza global de esa amenaza ha quedado abundantemente clara en términos tales como «invierno nuclear» o «noche nuclear» —que describen fenómenos que amenazan a todo el planeta— que, últimamente, se han convertido en algo comprendido internacionalmente. La integridad e interdependencia del mundo significa que la seguridad es integral e interdependiente, lo cual convierte en imperativo el proclamar que la seguridad es universal (ref. 13.13).

También se han publicado en la URSS varios libros populares y técnicos, así como reportajes, acerca del tema (ref. 13.14). El invierno nuclear y sus implicaciones políticas se han discutido en muchos foros internacionales por parte de científicos muy bien situados en los gobiernos, incluyendo a Yevgueni Ve-lijov, vicepresidente de la Academia de Ciencias y principal consejero científico del presidente Gorbachov; Velijov ha declarado explícitamente que una guerra nuclear, en la que sólo explotasen 100 megatones encima de las ciudades, produciría el in-vierno nuclear, lo cual, explica, «expone el peligro global de las armas nucleares para toda la Humanidad» (ref. 13.15).

Existen asimismo razones para pensar que la conciencia del in vierno nuclear ha penetrado hasta los más altos niveles de quienes hacen la política soviética. Por ejemplo, en su aparición en televisión, sobre el tema de la moratoria unilateral soviética de las pruebas nucleares, que tuvo lugar el 18 de agosto de 1986, el secretario general Gorbachov declaró:

> La explosión de incluso sólo una pequeña parte del arsenal nuclear existente, constituiría una catástrofe, una catástrofe irreversible, y si alguien se atreve a lanzar el pri-

> mer ataque nuclear, se autocondena a una agonizante muerte, que no procederá ni siquiera de un ataque de represalia, sino de las consecuencias de la explosión de sus propias ojivas nucleares (ref. 13.16).

En muchas de sus otras comparecencias, el líder soviético ha indicado que la extinción de la especie humana es una consecuencia posible de la guerra nuclear. Por ejemplo, en un discurso, el 16 de febrero de 1987, ante un foro internacional en Moscú, comentó:

> Durante siglos, los hombres han estado buscando la inmortalidad. Resulta difícil aceptar que cada uno de nosotros es mortal. Pero resulta imposible contemplar la desaparición de toda la Humanidad... Rechazamos cualquier derecho de los dirigentes de un país —ya sea la URSS, Estados Unidos o cualquier otro— a dictar una sentencia de muerte contra la Humanidad. No somos jueces, y los miles de millones de personas no son criminales que deban ser castigados (ref. 13.17).

Los puntos de vista mantenidos hacia 1980 por los miembros de la siguiente Administración estadounidense —incluyendo a Ronald Reagan y a George Bush— acerca de la «supervivencia» o «posibilidad de ganar» una guerra nuclear han sido expuestos instructivamente por Robert Scheer en la referencia 4.5. En respuesta al argumento de que el tamaño masivo de los arsenales nucleares convierte en algo sin sentido la «paridad» estratégica, el entonces vicepresidente, Bush, replicó:

> Sí, si usted no cree que exista un vencedor en un intercambio nuclear, esa argumentación tiene algo de sentido. Pero yo no la creo.

Es decir que, por entonces, el señor Bush creía que era posible vencer en una guerra nuclear. «Tenemos un punto de vista diferente respecto de la vida humana que la que tienen esos monstruos», fue el juicio de Reagan respecto de los planes de guerra nuclear de los soviéticos contra los americanos. Scheer escribe acerca de los que hacían la política en la primera Administración Reagan:

> Cuando comencé a conocerlos quedé sorprendido por su curiosa brecha entre lo sanguinario de su retórica y la aparente ausencia, por su parte, de cualquier clase de capacidad para visualizar las consecuencias físicas de aquello por lo que ellos mismos abogaban.

Es posible que el invierno nuclear desempeñe un papel en el cambio de tales puntos de vista.

Después del primer anuncio público de los descubrimientos del invierno nuclear, a finales de 1983, se produjo más discusión y debate públicos sobre el tema (ref. 13.18), al mismo tiempo que —a pesar de su bajo nivel de fondos— se ponía en marcha un programa de investigaciones mucho más importante, tanto en Estados Unidos y Occidente, como en la Unión Soviéti-cay el Este (ref. 13.19). Se llevaron a cabo muchas sesiones de información a elevados niveles del gobierno de Estados Unidos, comenzando ya a principios de 1984 (refs. 13.20, 13.21), o incluso antes. Se nos contó que algunas de estas sesiones se realizaban desde unos espejos de una sola dirección, detrás de los cuales se encontraban funcionarios que no deseaban que se supiera que en un momento dado habían oído hablar del invierno nuclear: una forma particular de negar las cosas. El secretario de Defensa, Caspar Weinberger, hizo conocer a desgana cuatro valoraciones efectuadas en el Congreso acerca del invierno nuclear, una de las cuales reconoce que, incluso una forma benigna de invierno nuclear, podría matar tantas personas, a nivel Mundial, como las fallecidas bajo los efectos directos de la guerra nuclear (ref. 13.22). Un documento de opinión de la Casa Blanca declara: «Si la disuasión fallara, sin tener un escudo de ninguna clase, eso podría causar la muerte de la mayor parte de nuestra población y la destrucción de toda nuestra nación, tal y como la conocemos» (ref. 13.23). Portavoces del Departamento de Defensa, entre los que se incluía al ex vicesecretario de Defensa, Richard Perle atestiguaron ante el Congreso, a veces también a desgana, que el invierno nuclear constituye una seria amenaza. Sin embargo, a menudo llegaban a la conclusión de que la única implicación política de esta amenaza es reforzar las actuales políticas estadounidenses, en especial la SDI (ref. 13.24)

El invierno nuclear ha sido considerado por alguno de los

establecimientos de defensa estadounidenses porque parece que proporciona un argumento para una conversión total de los arsenales estratégicos por unas armas de menor poder explosivo, y de elevada precisión, algunas de las cuales posean penetración en el suelo o para taladrar, que, tal y como se ha argumentado, podría reducir en extremo la posibilidad de un invierno nuclear (ref. 13.25). En realidad, tal y como se ha discutido en la opción 2) en el capítulo IX, el despliegue de este sistema de armas, mientras se mantenga algo remotamente parecido a los actuales arsenales estratégicos, puede aún *incrementar* las posibilidades de la guerra nuclear y del invierno nuclear. En cualquier caso, la atracción principal de la conversión de este sistema de armas no radica sobre todo en minimizar la probabilidad del invierno nuclear; su desarrollo se encamina a poner en peligro los refugios subterráneos soviéticos y los puestos de mando. Existen quienes creen que tales armas permitirían una capacidad para luchar en una guerra nuclear, o que una carrera de armamento respecto de tales armas sería económicamente mucho más debilitante para la Unión Soviética que para los Estados Unidos. (Véase asimismo recuadro, capítulo XVIII.)

Que el presidente Reagan era consciente en lo relativo al invierno nuclear, durante su segundo mandato, queda claro teniendo en cuenta las siguientes observaciones, realizadas en una entrevista publicada en el *New York Times,* 12 de febrero de 1985:

> Una gran cantidad de reputados científicos nos está diciendo que una guerra [nuclear] no acabaría con una victoria para nadie, a causa de que borraría la Tierra tal y como la conocemos. Y si nos retrotraemos a un par de calamidades naturales —por ejemplo durante el último siglo, hacia los años 1800, con algunos fenómenos naturales como terremotos, o, mejor aún, volcanes— vemos que el tiempo cambió tanto que nevó en julio, en varios paises[e] templados. Y lo llaman «el año en que no hubo verano»' Pues bien, si un volcán puede llegar a hacer eso, ¿qué podríamos decir acerca de un intercambio nuclear total, con el invierno nuclear del que los científicos han estado hablando?

También anunció, en su discurso «Iván y Ania», del 16 de

enero de 1984, que «un conflicto nuclear podría ser el último de la Humanidad». Sin embargo, por lo menos hasta 1986, no se proclamó, por parte del Mando de Jefes Conjuntos, ninguna nueva guía política sobre la planificación de la guerra nuclear, teniendo en cuenta el invierno nuclear, ni tampoco se planificaron esta clase de cambios en las instrucciones al respecto (ref. 13.26)

Pero, comenzando con el NUWEP-87 (Política de Empleo de Armas nucleares, 1987), puede discernirse una tendencia a alejarse de los «blancos económicos» (ref. 8.19). Una revisión a gran escala de los planes de guerra de Estados Unidos por funcionarios de Defensa, reveló muchísimos más objetivos urbanos/industriales que los necesarios para la disuasión o, en el peor de los casos, para la rápida terminación de la guerra. Se desenfatizó, consiguientemente, el prevenir una rápida recuperación económica de los soviéticos después de la guerra y, en palabras del entonces jefe del mando de la Fuerza Aérea, el general Larry Welch, «se quitaron del SIOP, literalmente, millares de objetivos industriales» (ref. 8.19). Si la posibilidad de un invierno nuclear desempeñó algún papel en la adopción de unas opciones de objetivos más restringidas, por parte de Estados Unidos, debemos estar contentos de ello, aunque la falta de interés en el invierno nuclear, por parte de la mayoría de los responsables del NUWEP-87 y del SIOP-6F, sugiere otra cosa. En todo caso, las ciudades y las instalaciones petrolíferas continúan siendo aún unos objetivos a una escala tan inmensa que sólo una fracción de las explosiones nucleares en una guerra nuclear, ya son de por sí suficientes para originar el invierno nuclear. Asimismo, los cambios en los protocolos de objetivos no están sujetos a una verificación rigurosa, y pueden alterarse de nuevo con toda rapidez. La real o supuesta suavización de los planes de la guerra, sin unas importantes reducciones en los niveles de fuerza, no constituye una adecuada respuesta política en relación con la perspectiva del invierno nuclear. Tampoco se sabe públicamente nada de que el invierno nuclear haya cambiado los planes de guerra soviéticos.

Dada la percibida superioridad convencional de la Organi zación del Pacto de Varsovia (OPV) sobre las fuerzas de la OTAN en Europa, durante décadas Occidente ha anunciado que se veía obligado a depender de las armas nucleares, para una disuasión ampliada contra un ataque convencional por

parte de los soviéticos. De este modo, cualquier alegato, como el ofrecido por el invierno nuclear, de la catástrofe global que seguiría a una guerra nuclear, fue considerado por algunos como parcial respecto de la política occidental internacioral. No obstante, resulta útil hacer notar que esto se refiere más bien a las dos partes, como muestran con claridad las declaraciones del primer ministro griego Papandreu (véase antes). En el pasado, la Unión Soviética no se ha mostrado timorata respecto de prevenir a las naciones aliadas con Estados Unidos y otras, de que, el aceptar las bases estadounidenses, las convierte en vulnerables a un ataque soviético en caso de guerra; y propuso que, en vez de ello, dichas naciones, deberían aceptar las garantías de disuasión contra un ataque por parte de Occidente' «Pero resulta muy difícil para un Estado decir si es objeto de una amenaza soviética o el beneficiario de una garantía soviética, puesto que es bien sabido que el invierno nuclear no reconoce para nada a los neutrales y devastará a todos los Estados por igual. (*) Toda la técnica para intentar cambiar la correlación del poder militar (tanto convencional como nuclear) y la influencia política en favor de la URSS, se halla en peligro» a causa del invierno nuclear (ref. 13.27). Asimismo, los hechos posteriores han mostrado, el surgimiento de una URSS muy diferente, una, aparentemente, menos predispuesta al empleo coercitivo de las armas nucleares.

Cuando, durante el primer mandato de Reagan, se discutió el invierno nuclear y se extrajeron por primera vez sus implicaciones en la política, Estados Unidos, como ya hemos dicho, estaba manteniendo políticas de «luchar en una guerra» nuclear, de «contención» (para que una pequeña guerra nuclear no efectuase una escalada hasta un «intercambio central») e incluso «acabar venciendo» después de una guerra termonuclear global. La devastación a nivel mundial y el consiguiente aspecto autodisuasorio del invierno nuclear, ha sido considerado en algunos influyentes círculos norteamericanos como un impedirnento a las doctrinas estratégicas de moda. Aunque los descubridores

(*) [En realidad no es así. Como ya hemos visto, los efectos de un invierno nuclear, en una guerra desarrollada sobre todo en las latitudes medias del Norte, tendrá una gravedad menor sobre el Hemisferio Sur pero tal vez no tanto como para negar por completo este argumento respecto del Sur.]

del invierno nuclear fuesen seis estadounidenses y un holandés (véase recuadro: «Invierno nuclear: principios de la historia y prehistoria», capítulo III), existen aquellos que creen que resulta sospechosa la confirmación de la teoría por parte de los soviéticos. A otros les preocupa que el invierno nuclear pueda redundar en ventajas para la propaganda de la Unión Soviética (ref. 13.28). Similares malas interpretaciones respecto de los orígenes estadounidenses del invierno nuclear se han expresado igualmente en la URSS, incluyendo un debate en la Academia de Ciencias Soviética (ref. 13.29). Pero, ahora que los dirigentes de ambas naciones han convenido en que «la guerra nuclear no puede ganarse y no ha de ser jamás luchada», cualquier asimetría en la propaganda del invierno nuclear queda reducida, y los orígenes nacionales de aquellos que lo descubrieron parecen ya escasamente relevantes.

Sabemos que resulta posible considerar, en la totalidad de las anteriores observaciones, al invierno nuclear como un espejo, en el que los puntos de vista ideológicos preexistentes u otros prejuicios se reflejan de nuevo hacia el espectador (cf. refs. 2.7, 2.8, 3.1). También sabemos que existe un peligro de caer en la falacia que los lógicos académicos llaman *post hoc ergo propter hoc:* Si Z sigue a Y en el tiempo, Z debe ser causado por *Y.* Pero más allá de eso, creemos que es asimismo posible ver unos cambios significativos en las actitudes, tanto de Estados Unidos como de la Unión Soviética, sobre un amplio abanico de asuntos —a partir de las declaraciones en la política de forzar los niveles de los objetivos—, que se han visto afectadas por el invierno nuclear (ref. 13.30). Así lo ha señalado el premio Nobel Luis Álvarez, uno de los que han desarrollado la bomba atómica: «Existe alguna indicación de que [el invierno nuclear] está debilitando la creencia, mantenida durante mucho tiempo por los militares soviéticos, de que puede so-brevivirse a una guerra nuclear... Esto ha tenido unos efectos muy saludables sobre el pensamiento de los planificadores militares en ambos lados del mundo» (ref. 13.31).

La perspectiva de un invierno nuclear puede, así, haber desempeñado un papel en la inversión de las actitudes mantenidas durante mucho tiempo por americanos y soviéticos, respecto de las posibilidades de sobrevivir, o incluso ganar, en un conflicto nuclear; en el desafío de la noción de que el aumento en armas nucleares significa también una mayor seguridad, y ayudar a descongelar la guerra fría (ref. 13.32).

OPINIÓN PÚBLICA ACERCA DEL INVIERNO NUCLEAR

El invierno nuclear ha atraído la atención de la gente, en todo el mundo, hacia los peligros de una guerra nuclear y, en muchos casos, la ha llevado a hacer algo al respecto, incluyendo en esto a una chica joven de Maine llamada Samantha Smith. Los sondeos de opinión entre los adolescentes soviéticos y los estadounidenses muestran una predominante creencia en una catástrofe global a continuación de una guerra nuclear: «¿Cree usted que, tras una guerra nuclear a nivel mundial, el mundo quedaría tan frío, oscuro y con radiactividad (lo que se conoce como invierno nuclear) que nadie podría sobrevivir?» Los partidarios de un «sí» probable o definitivo fueron un 70% entre los estudiantes estadounidenses y un 79% entre los estudiantes soviéticos.

«¿Cree que la mayoría de la población sobreviviría a una guerra nuclear a nivel mundial, si hubiera suficientes refugios contra la lluvia radiactiva, alimentos, agua y otros suministros?» Los estudiantes americanos partidarios de un «sí» probable o definitivo fueron un 25%, y entre los estudiantes soviéticos de un 20%.

Pero estas opiniones no se hallan en modo alguno restringidas a los adolescentes. El 81% de los adultos estadounidenses cree (o por lo menos así fue en 1985) que, unos cuantos años después de una guerra nuclear, no quedaría ni una sola persona viva ni en Estados Unidos ni en la Unión Soviética.

En una encuesta llevada a cabo en el interior de Colorado, el 62% de los adultos consultados sostuvo que un invierno nuclear sería la consecuencia de un intercambio nuclear de 3.000 ojivas, y el 54% creían que, en una guerra nuclear importante, morirían de 3.000 a 5.000 millones de personas. Y en una encuesta sobre la opinión pública de Nueva Zelanda, las consecuencias más graves para este país se cree que pr°' vendrían de la lluvia radiactiva, del invierno nuclear y de la escasez de alimentos (ref. 13.33).

Capítulo XIV

OSCURIDAD A MEDIODÍA: SEIS CLASES DE INVIERNO NUCLEAR

Oh, oscuridad, oscuridad, oscuridad, entre el resplandor del mediodía.

JOHN MILTON, *Samson Agonistes* (1671), 80.

Para llevar a cabo cualquier significativo análisis político de la guerra nuclear, se debe sopesar el amplio abanico de posibles consecuencias medioambientales. En este capítulo describiremos seis clases de efectos de invierno nuclear, cada una de ellas acompañada de un diferente grado de oscuridad a mediodía. Dichas clases se caracterizan por seis valores diferentes de la profundidad de absorción óptica promediados sobre el Hemis-ferio Norte, siendo t_a una medición de la cantidad de hollín que permanece en la atmósfera después de los primeros días de la guerra. (Ya introdujimos el concepto de profundidad óptica en el capítulo VII y en la referencia 7.10. Una vez más, considera-rremos sólo la pura absorción de la luz solar por las partículas de humo e ignoraremos cualesquiera efectos adicionales debidos a la dispersión de la luz a causa de las partículas.) Aquí trataremos de las guerras nucleares que se desencadenen en la mitad del año que incluye el verano (más o menos, de marzo a

setiembre), cuando las inmediatas y «agudas» consecuencias climáticas son más graves. Las guerras iniciadas en la mitad invernal del año tienen unas consecuencias inmediatas menores graves sobre el clima y la agricultura, porque el tiempo ya es frío. Una guerra invernal con altos valores de T_a, y/o con muchas de las finas partículas persistiendo en altitud para la siguiente estación de crecimiento, como es natural tendrá también unas implicaciones muy serias (ref. 14.1). En la actualidad ha quedado muy claro que unos «crónicos» efectos de invierno nuclear a largo plazo, debidos al humo y al polvo estratosférico, pueden persistir durante años (ref. 3.11).

Las seis clases de invierno nuclear que proponemos son:

Clase I. No hay unos efectos significativos sobre el medio ambiente (T_a inferior a 0,1).

En este caso, debido a los bajos niveles de ataque, funcionando unos controles en la escalada (si ello fuese posible), evitando el objetivo de las ciudades, y/o unas condiciones meteorológicas desacostumbradas, los efectos combinados medioambientales (frío, oscuridad, radiactividad, pirotoxinas, etc.) tienen impactos muchos más pequeños que los efectos directos en el interior de las naciones no combatientes (en comparación, por ejemplo, con el trastorno en la economía mundial). Este caso resulta claro: se trata de una guerra nuclear sin invierno nuclear, y proporciona una especie de prueba del vigor de cualesquiera recomendaciones políticas de invierno nuclear: ¿Tendrían éstas sentido incluso en ausencia de invierno nuclear?

Clase II. Invierno nuclear «marginal» (T_a, aproximadamente, 0,5).

Esto representa el caso de unas comparativamente escasas explosiones nucleares, en especial cerca de los centros urbanos (una vez más correspondiendo a la dudosa proposición de una guerra nuclear «contenida»), y unas providencialmente bajas emisiones de humo, en combinación con una eficiente caída en forma de lluvia de hollín (cf. figuras 2, 4). Los correspondientes descensos de temperatura en el Hemisferio Norte serían solo de unos pocos grados centígrados, aunque podrían quedar seriamente trastornadas las precipitaciones. Se acarrearían como resultado importantes perturbaciones agrícolas (refs. 3.11 , 3.13); el hambre sería peor que en el caso peor de «invierno

cánico», como en los ejemplos discutidos en el capítulo VII). Se produciría un perceptible oscurecimiento del cielo. Algo próxi-mo a una cosecha se recolectaría en el bajo Medio Oeste estaduunidense y en el sur de Ucrania, a menos que el invierno nu-clear conllevase una severa sequía. En combinación con el trastorno económico de las consecuencias directas de la guerra, incluso un benigno invierno nuclear conllevaría unas consecuencias muy graves para las naciones no combatientes. Sin embargo, las muertes debidas a los efectos secundarios del invierno nuclear, no alcanzarían probablemente al número de personas matadas directamente por la guerra.

Clase III. Invierno nuclear «nominal» (T_a, aproximada-mente, 1).

Se trata del caso más próximo al extremo más bajo del más plausible abanico de los efectos medioambientales que siguen a una guerra nuclear a gran escala (considerando aquí que abarcase del 25 al 50% de los arsenales estratégicos existentes, estallando, más o menos, de 3.000 a 6.000 armas nucleares estratégicas por cada bando). Sus consecuencias serían un enfriamiento y oscurecimiento significativos, sequía, producción de cantidades masivas de pirotoxinas, amplias lluvias radiactivas y otras perturbaciones atmosféricas. Los descensos terrestres de temperatura rondarían los 10 °C. A mediodía, la luz solar tendría una tercera parte de su brillo habitual. Meses después, la luz solar volvería a tener su acostumbrada intensidad, realzada por la luz ultravioleta aumentada por la disminución de la capa de ozono de las grandes altitudes. El derrumbamiento de la agricultura y el hambre se extenderían sobremanera. En el interior de las naciones en guerra, esos efectos generarían bajas que se aproximarían a las de los efectos inmediatos de la guerra. Se esperarían fracasos en las cosechas —por las temperaturas más bajas, la no presentación de los monzones, lluvias y otras causas— en muchas naciones no combatientes, en la primera estación de creci-miento después del conflicto. Es de lo más probable que todos esos trastornos se produjesen en la India, China, algunas nacio-nes africanas y tal vez en el Japón (ref. 3.11). A nivel mundial, de mil ados mil millones de personas se hallarían en peligro de inanición. El Hemisferio Sur y la mayoría de los Estados costeros o insulares, tal vez no experimentasen unas perturba-ciones climáticas importantes.

Clase IV. Invierno nuclear «sustancial» (T_a, aproximadamente, 3).

Éste es el caso más cercano al extremo superior del más probable abanico de impactos climáticos muy extendidos, propios de una guerra nuclear a gran escala. Acarrearía extensas heladas continentales, elevadas perturbaciones en las pautas de las lluvias, una muy extendida radiactividad y toxicidad química y una profunda disminución de la capa de ozono del Hemisferio Norte. La luz que penetrase en el humo y alcanzase el suelo apenas sería la suficiente para que las plantas verdes efectuasen su vital fotosíntesis. En los primeros meses, durante el día el firmamento aparecería cubierto y, por las noches, sin estrellas. Los humanos supervivientes, y muchas de las demás especies, se hallarían directamente en peligro a causa de la alteración del medio ambiente; los impactos ecológicos serían más duros en las regiones subtropicales del Hemisferio Norte (ref. 3.11). Las perturbaciones en el clima persistirían, con disminuida extensión, durante años. Las mayores cargas recaerían en las naciones del Hemisferio Norte, en particular en Norteamérica, Europa, Asia, pero también en el Norte de África. Estados como Indonesia y las Filipinas también sufrirían fuertes pérdidas en las cosechas (ref. 3.11). En el Hemisferio Sur, en las zonas subtropicales de África y en Sudamérica y partes de Australia experimentarían significativas perturbaciones agrícolas. La lluvia radiactiva y el peligro de las pirotoxinas en los países no combatientes, tendrían unas consecuencias en estremo serias, aunque probablemente secundarias respecto del daño climático. Los blancos nucleares directos en el Hemisferio Sur profundizarían aún más allí los impactos climáticos. El incrementado flujo ultravioleta amenazaría los abastecimientos de víveres durante varios años después. A nivel mundial, vanos miles de millones de personas quedarían en peligro de inanición durante varios años (refs. 3.7, 3.11). La misma civilización global se encontraría en significativo riesgo. Según el curso d[e] las secuelas medioambientales, muchas especies se enfrentarían a la extinción, aunque la extinción humana sólo sería un posibilidad remota.

Clase V. Invierno nuclear «grave» (T_a, aproximadamente5). Dentro del ámbito de plausibles previsiones de guerra nu-

clear (ref- 14.2) y parámetros de emisión de humo, ocurrirían más drásticas perturbaciones medioambientales. Se han llevado a cabo recientemente simulacros de emisiones de humos más allá del tipo básico (con sus profundidades de absorción óptica), la primera de ellas en ref. 2.2, pero aún no se han discu-tido con amplitud. Aquí, se presentarían profundos descensos de temperatura en todas las masas terrestres importantes en cualquier estación, incluso en los trópicos, poniendo en peligro a numerosas especies y a muchos ecosistemas clave (ref. 3.11). Menos del 1% de la luz solar se abriría paso a través del humo; durante meses, a mediodía se estaría en tinieblas, y no habría luz suficiente para la fotosíntesis de las plantas. Unos graves efectos climáticos persistirían durante años. La agricultura, que emplearía los almacenes de semillas sobrevivientes, quedaría reducida a niveles de producción medievales o incluso pretecnológicos. La extendida destrucción medioambiental sobrepasaría de manera decisiva los efectos directos de la guerra nuclear; la prognosis de una rápida resurrección de la civilización global, sería de lo más incierta. Estos efectos, añadidos a la aumentada exposición a la radiactividad, las pirotoxinas, las pandemias y, más tarde, a la radiación solar ultravioleta, que se filtraría a través de un agujero cada vez mayor en la capa de ozono, pondría en peligro a todo el mundo sobre la Tierra.

Clase VI. Invierno nuclear «extremo» (T_a, aproximadamente, 10 o más).

Se trata del límite extremo superior de lo que es posible con unos objetivos preferentes sobre las ciudades, refinerías e instalaciones petrolíferas, a nivel mundial, empleando casi todos los arsenales estratégicos y tácticos. Durante meses, habría una oscuridad total a mediodía, una oscuridad tan completa como la de una clara noche con luna antes de que se desencadenara una guerra nuclear. Un invierno nuclear de clase VI constituye el peor asalto nuclear posible sobre nuestra propia especie y el resto de la vida en la Tierra (ref. 14.3).

Muchos estudios científicos y análisis políticos del invierno nuclear se han restringido, esencialmente, al caso «nominal», la clase III. Esto se ha debido, en parte, a causa del interés científico por explorar la región de transición en que se presentasen

unas anomalías climáticas significativas. Pero también puede deberse a la reluctancia profundamente sentida a considerar una catástrofe global de tal magnitud que desafiase —1o suficientemente para que todo el mundo lo entienda— la política y la doctrina a las que están habituados tanto Estados Unidos como la Unión Soviética. A veces, esta desgana se expresa como una cautela científica.

Un análisis de la evidencia sugiere que las clases III y IV, los inviernos nucleares «nominal» y «sustancial», son los resultados más probables de un intercambio nuclear importante, que incluyese objetivos urbanos y petrolíferos (ref. 3.14), mientras que las clases II, V y VI representarían los resultados menos probables (ref. 14.4). Las bajas de un invierno nuclear de las clases III o IV —aunque no deben olvidarse, ni por un momento, unos resultados más graves—, se comparan con los de unas catástrofes representativas descritas en el recuadro del final del capítulo. A menos que la probabilidad de la clase V (o VI) pueda demostrarse *cuantitativamente* que es no sólo pequeña, sino cada vez más pequeña, el análisis de los riesgos exige que prestemos especial atención al tomar las decisiones sobre política y doctrina; por ejemplo, el valor que concedemos a nuestra civilización y especie es tan elevado que, incluso la existencia de una pequeña posibilidad de que la pongamos en peligro, resulta algo que se debe tomar muy en serio (cf. ref. 6.1). Ésta es la manera en que se redactan las pólizas de seguros.

Resulta muy evidente que les sería de utilidad a los planificadores estratégicos conocer qué nivel exacto de invierno nuclear es probable que se desarrolle a partir de un nivel dado de guerra nuclear. Pero una conexión de este tipo se halla plagada de dificultades.

Depende en gran parte de la estrategia de los blancos; una «pequeña» guerra nuclear en que ardiesen varios centenares de ciudades, es probable que generase un invierno nuclear mucho más grave, que otra guerra nuclear «más grande», en la que se atacasen millares de objetivos de hormigón, pero en el que se incendiasen sólo unas cuantas ciudades (refs. 2.2, 14.2). Existen incertidumbres relacionadas con la potencia y la altura explosiva de las armas nucleares, la estación (para los casos menos graves, se parte aquí de la mitad del año tipo verano), las

condiciones locales del tiempo, el ritmo del intercambio nuclear, etc. En el estudio original TTAPS analizamos docenas de diferentes casos de guerra nuclear y planes de objetivos, todos los cuales creemos estar en lo cierto al pensar que se relacionan con los planes de Estados Unidos y de la Unión Soviética. La variante clave parece ser la elección de objetivos, con un espectro que abarca desde la pura guerra «compensada», en la que s6lo se atacan las ciudades, hasta otra pura guerra «contra fuerza», en la que sólo se atacan los objetivos de hormigón, y en la cual no arden las ciudades o las instalaciones petrolíferas. Resulta claro que, estos dos tipos puros de guerra, constituyen unas igualmente irrealistas abstracciones, una a causa de la necesidad militar de limitar la represalia estratégica del adversario, y la otra por la proximidad de las ciudades a los objetivos estratégicos. Una guerra real sería una mezcla indeterminada de ambos casos.

En la figura 6 damos una medición aproximada de la conexión entre el número de ojivas nucleares, *N*, detonadas en una guerra nuclear, y la gravedad de la guerra, medida por T_a, o por el número de clase (por ejemplo, clase III), para diversas categorías de blancos. En cada uno de los casos, la gravedad de los efectos climáticos y medioambientales aumenta a medida que se incrementa el número de ojivas nucleares estalladas. Llegado el momento, las curvas se vuelven horizontales a medida que el número de ojivas nucleares aumenta, a causa de que no existen tantos blancos, en especial objetivos con grandes concentraciones de material combustible.

La curva más baja, sólo para las instalaciones militares de tipo rural, representa una en extremo idealizada guerra nuclear, mucho más estricta en su elección de objetivos que incluso una pura guerra contra fuerza. Da por supuesto que sólo se ven atacados objetivos militares muy alejados de las ciudades y de las refinerías y depósitos petrolíferos. Pero, dado que se encuentran cerca de las ciudades, muchos centros de mando y de control, aeropuertos estratégicos primarios y secundarios y bases de submarinos nucleares, ésta constituiría una excepcionalmente disparatada estrategia de blancos, pues llegaría a provocar una mayor represalia en el curso de la destrucción de sólo una pequeña fracción de la fuerza de represalia del adversario. El invierno nuclear se produce aquí a causa de la generación de polvo estratosférico, procedente de las explosiones en el suelo,

junto al humo de la vegetación incendiada; pero para inducir unos efectos globales significativos, esto requiere un gran nú^r mero de explosiones (con potencias de varios centenares de kilotones o más cada una, que se adecúa con los sistemas estra tégicos planeados normalmente en la actualidad). Con seme jante estrategia de blancos, se necesita algo parecido a todas las armas nucleares mundiales, tanto estratégicas como tácticas, para generar un invierno nuclear nominal.

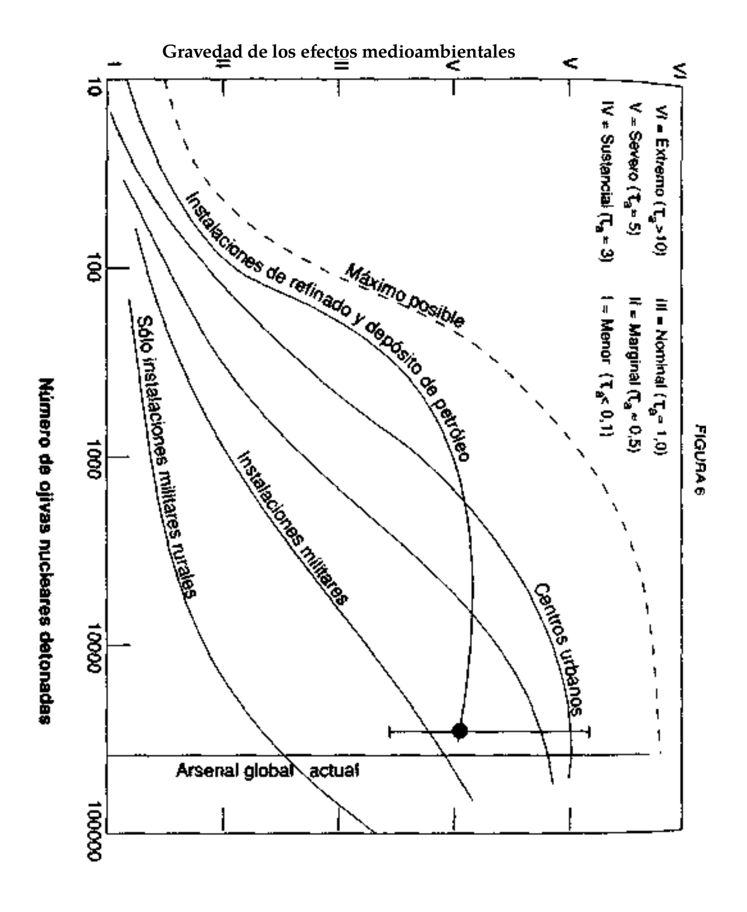
La curva señalada «Instalaciones militares» está mucho más próxima a una pura guerra contra fuerza. Sólo hay blancos de instalaciones militares, y ninguna área urbana es atacada per *se.* Sin embargo, a causa de la proximidad o coubicación de los blancos estratégicos con las ciudades, cierto número de ciuda. des se hallarán también en llamas. La forma de esta curva se ha trazado dando por supuesto que se toma sumo cuidado en minimizar, en todo lo posible, los blancos urbanos, lo cual concuerda con la misión (de lo más quijotesca) de destruir la capacidad de represalia del adversario pero no a su población civil.

Creemos que tan escrupulosa elección de objetivos resulta inalcanzable en una auténtica guerra nuclear, dado que las inexactitudes en los sistemas de armamento nuclear no se han comprobado nunca en combate (*), por la percibida necesidad de comprometer adecuadas fuerzas nucleares ante los fracasos de mando y de control, y porque se darían sobreesfuerzos que constituirían una carga insoportable para los líderes civiles y militares. En este caso generaría un invierno nuclear nominal (clase III) con poco más del 10% de los arsenales del mundo,) todos los arsenales mundiales producirían un invierno nuclear sustancial (clase IV).

Los ataques nucleares sobre industrias clave y regiones industriales, sobre centros urbanos y sobre instalaciones de retinado y almacenamiento de petróleo —todos ellos intencionadamente, o *per se*—, constituyen estrategias de objetivo raramente discutidas. Pero, tal y como hemos mencionado, todas se rela cionan con los fines de la guerra y con el propósito de dominar a otras naciones en el ambiente de posguerra. Se trata de ataques de contra valor; los objetivos de contra valor a gran esala representan el definitivo fracaso del control de la escalada. En

(*) Los ICBM estadounidenses no han sido probados, ni una sola vez, en disparos desde sus silos operativos.

cualquier caso, algunas detonaciones nucleares sobre tales blancos resultan inevitables en una importante guerra nuclear, una vez más a causa de la proximidad a los blancos estratégicos. Las tres curvas superiores continuas ilustran la más inesperada y turbadora implicación del invierno nuclear: el que sólo unos cuantos centenares de detonaciones nucleares, o menos, parecen suficientes para acarrear, por lo menos, un invierno nuclear nominal. Serían suficientes sólo 100 pequeñas ojivas nucleares dirigidas contra las refinerías de petróleo y las instalaciones de almacenamiento. Asimismo, con algo aproximado a un centenar de centros urbanos ardiendo, o el mismo número de instalaciones petroleras, incluso parece posible un invierno nuclear sustancial.
Los blancos urbanos y de petróleo se caracterizan por elevadas concentraciones de materiales inflamables en una zona relativamente pequeña; ésta es la razón de que posean el potencial para crear un invierno nuclear global con un número modesto de detonaciones. Como ya hemos discutido antes, las refinerías petrolíferas muestran la mayor sensibilidad climática respecto del número menor de detonaciones (incluso para las armas tácticas, es decir, de un poder explosivo de 1 a 10 kiloto-nes, mucho más que las armas estratégicas). Las fuerzas nucleares británicas y francesas (con unas 1.000 y muchos centenares de ojivas nucleares estratégicas, respectivamente, cuando se complete su «puesta al día» y «modernización»), parecen capaces de originar un invierno nuclear marginal, y tal vez incluso nominal, con sólo una tercera parte de las ojivas nucleares erigidas contra blancos urbanos en la Unión Soviética y, quizás. hacia otras partes. Si la guerra nuclear es llevada a cabo sólo desde un lado, se requirirían un total mayor de ojivas nucleares para producir un efecto dado, puesto que la cantidad de materiales combustibles y la resultante emisión de humos tienden a disminuir cuanto mayor abundancia de objetivos más pe queños se seleccione, pues, por lo general, albergan menos co-sas que puedan arder. Si ambos lados se ven atacados, entonces existen objetivos inflamables más grandes. La curva superior de trazos de la figura 6 indica, aproximadamente , el probable *máximo* efecto climático para la más peligrosa combinación de blancos, dados los valores adversos de las actuales incertidumbres sobre concentraciones de materiales combustibles, factores de emisión de hollín, etc. Ésta, y no



otra, es la curva del caso peor. Así, dentro de las incertidumbres de los conocimientos actuales, parece posible que sólo un escaso tanto por ciento de los arsenales estratégicos mundiales fuese suficiente para producir un invierno nuclear grave, de clase V, y el apocalíptico invierno nuclear de clase VI podría estar al alcance del pleno y global arsenal de armas nucleares.

Debe notarse asimismo, por la misma curva de trazos superior, que, con los objetivos más adversos y con los más desafortunados valores de parámetros físicos por completo desconocidos (por ejemplo, cuánto hollín se generará, o cuánto será precipitado pronto en forma de lluvia), sólo de 50 a 100 ojivas nucleares detonadas podrían causar un invierno nuclear de clase III-

La gravedad del invierno nuclear depende sobre todo de cuántas armas nucleares se explosionan *y sobre* qué objetivos. Cuanta más ciudades e instalaciones petrolíferas esten en llamas, peores el daño climático. En esta representación esquemática, la curva

superior de trazos indica, aproximadamente, los máximos efectos climáticos probables para cualquier combinación de objetivos, dadas las actuales incertidumbres acercado las cargas de combustibles, factores de emisión de hollín, etc. En el texto se discute la medición del incremento de la gravedad del invierno nuclear, las clases I a VI, que abarcan desde unas consecuencias insignificantes a otras apocalípticas globales. Las curvas tienden a ser más planas a medida que el número de ojivas nucleares aumenta, a causa del número de los objetivos y las cantidades de materiales combustibles que estén en su caso próximos a ser usados. Los blancos rurales y militares llevan a una sustancial generación de polvo, pero requieren muchas explosiones de alta potencia (en relación con los actuales planes de guerra y sistemas estratégicos) para causar significativos efectos globales. Los blancos industriales, urbanos y de petróleo se caracterizan por materiales combustibles altamente concentrados en unos lugares relativamente escasos; ésta es la razón de por qué el invierno nuclear puede llegar a generarse con sólo unos cuantos centenares de detonaciones o menos. Como ya se ha discutido antes, las refinerías de petróleo presentan las mayores sensibilidades climáticas con las menores detonaciones (incluso para tamaños individuales de ojivas nucleares de en torno a 1 a 10 kilotones; es decir, las armas nucleares tácticas). Creemos que el probable error en nuestras estimaciones sería ± una clase de invierno nuclear, como se evidencia por la barra de error a la derecha de la curva para los objetivos del petróleo. La línea vertical a la derecha muestra el actual inventario de armas nucleares de Estados Unidos y de la Unión Soviética, incluyendo tanto las ojivas nucleares estratégicas como las tácticas. Las fuerzas nucleares británicas y francesas (que se han ampliado hasta, respectivamente, unas 1.000 y 700 cabezas nucleares estratégicas) será capaz cada una de ellas de originar un invierno nuclear con sólo objetivos de tipo urbano. El invierno nuclear puede hallarse también al alcance de China, con sólo 350 ojivas nucleares operativas estratégicas (que posiblemente se incrementen a unas 1.000 sí, como se ha anticipado, se despliegan los misiles CSS-2 MIRV). Queda claro que unos cuantos centenares de ojivas nucleares, s¡ apuntan de manera específica a objetivos sensibles al fuego, excederían el umbral de una catástrofe medioambiental sin precedentes en la existencia de los humanos sobre la Tierra.

Los actuales arsenales totales globales (a la vez, las armas estratégicas y las tácticas) se muestran por medio de la línea vertical a la derecha de la figura. Si las conversaciones de redución de armas estratégicas (START) llegan a buen fin, esa ijiea vertical se desplazaría ligeramente, apenas algo perceptible, hacia la izquierda.

Las dos principales conclusiones que pueden extraerse de esta figura son: . 1) Todo depende de la elección de objetivos, aunque no existe un modo fiable de verificar cuál es la estrategia de blancos del adversario.

2) Sin una absolutamente fiable restricción sobre los blancos o defensas a escala continental, el número de armas nuclea-

res que hay en el mundo es de 100 o incluso 1.000 veces rnás de lo necesario para producir un invierno nuclear nominal. Dado que tales limitaciones y defensas resultan inalcanzables, la única -forma segura de impedir un invierno nuclear y una oscuridad a mediodía, es llevar a cabo masivas y comprobables reducciones en los arsenales nucleares globales.

El reducir los arsenales nucleares no es algo que se haga a favor de los estadounidenses o de los soviéticos, o viceversa. Tampoco es una recompensa por la buena conducta del otro bando. Es algo que debemos hacer por nosotros mismos y por la especie humana. Y, en el sentido más completo y literal constituye un acto egoísta en favor de cada nación y de cada persona de la Tierra.

CATÁSTROFES HUMANAS REPRESENTATIVAS

Causa	*Qué/Dónde*	*Cuándo*	*Víctimas*
Accidente en reactor nuclear	Chernobil, URSS	1986	100?
Explosión accidental química	Halifax Harbor, Canadá	1917	1.654
Descarga de productos químicos	Bhopal, India	1984	3.500?
Erupción volcánica	Monte Tambora, Indonesia	1815	160.000
Explosión de arma nuclear	Hiroshima, Japón	1945	200.000?
Anomalías climáticas	Ciclón, Bangladesh	1970	300.000?
Terremoto	Shaansi, China	1556	830.000?
Inundación	Cuenca del río Huang He	1931	3.700.000
Hambre	Norte de China	1876-79	10.000.000?
Primera Guerra	Europa, sobre	1914-18	20.000.000
Plaga pandémica la	Europa	1347-51	25.000.000
Segunda Guerra	A nivel mundial	1939-45	40.000.000
Guerra nuclear	Invierno nuclear, clases III o IV a nivel	?	3.000.000.000?

Las víctimas estimadas de Tambora incluyen las muertes inmediatas (10.000), las subsiguientes epidemias y hambres locales

(80.000) y muertes relacionadas con el tiempo a nivel mundial (G. W. Wright, ed. *The Universal Almanac* [Kansas City: Andrews y McNeel, 1890]).

Las víctimas causadas por la «peste negra» a nivel mundial se cree que fueron mucho mayores que sólo los valores europeos que se dan aquí.

Las bajas de la Primera y de la Segunda Guerra Mundial incluyen tanto a las víctimas civiles como a las militares (Ruth Leger Sivard, *World Military and Social Expenditures, 1987-1988* [Washington, D. C: World Priorities, 1987]).

Los ejemplos que hemos elegido se sitúan más bien hacia los tiempos modernos, época en que se dispone de unos datos mejores y más fiables.

Capítulo XV
UN HORNO PARA TUS ENEMIGOS

Ten cuidado,
de no encender un horno para tus enemigos tan ardiente
que te chamusque a ti mismo.

NORFOLK, en la obra de William Shakespeare *El rey Enrique VIII,* acto I, escena I.

Proponemos ahora efectuar una pausa y lanzar otra ojeada a la disuasión a la luz del invierno nuclear. Como ya se ha mencionado, estuvo de moda durante algún tiempo declarar que el único propósito de las armas nucleares era garantizar que no se llegasen a emplear jamás. «La paz es nuestra profesión», haw[a] sido el eslogan del Mando Estratégico del Aire, la organización responsable de todos los misiles estadounidenses con base en ti rra y de los bombarderos estratégicos, desde su fundación (*)

Sin embargo, las armas nucleares también pueden emplearse, y en ciertos casos así ha sido, en unos intentos de:

*a)*Disuadir de un ataque convencional por un adversa potencial, o

(*) Hasta el 15 de marzo de 1990, cuando esto cambió un pocoo, el eslogan se convirtió en «La guerra es nuestra profesión», al que se ha añadido esta esperanzadora idea tardía: «La paz es nuestro producto.»

b) Influir en las decisiones de (o, lo que es equivalente, conseguir por la extorsión concesiones de otras naciones, incluyendo a aquellas que carecen de armas nucleares (ref. 15.1). Pero, en principio, sólo un pequeño número de armas nucleares pueden ser suficientes para ambos objetivos *a)* y *b),* y, lo tanto, ese empleo de las armas nucleares podría, si lo deseáramos, mantenerse sin la amenaza de un invierno nuclear (ref 15.2). Para los actuales propósitos consideraremos las actuales funciones más importantes del armamento nuclear, para disuadir tanto de una acción militar, como de otra militar convencional, esta última denominada disuasión ampliada. Incluso aquellos que abogan por la capacidad de «luchar en una guerra» nuclear, están de acuerdo de que su objetivo lo constituye la disuasión (ref. 15.3).

En términos de armamento, se distinguen corrientemente dos clases diferentes de disuasión nuclear: una disuasión nuclear estratégica, que implica sistemas de largo alcance y, por lo general, de elevada fuerza explosiva (SND), y una disuasión nuclear táctica (TND), que abarca sistemas de bajo poder explosivo y de alcance corto e intermedio, especialmente en Europa y en el mar. Algunos creen que esta distinción constituye algo ilusorio. El almirante Noel Gayler (ref. 15.4) lo considera de esta manera:

> Desde el punto de vista armas/fuerzas, no existe una distinción real que pueda deducirse entre TND y SND. Ambas cosas forman un continuum, excepto en los tratamientos literarios. La única distinción a nivel mundial es entre nuclear y no nuclear.

¿Y qué pasaría desde un punto de vista del invierno nuclear? Hasta el Tratado INF, las versiones Estados Unidos/OTAN de esas dos disuasiones se veían fuertemente acopladas por la presencia en Europa de la Fuerza de los misiles Pershing. En los tramos de la escalada, las armas tácticas representaban la primera potencial respuesta nuclear a una acción militar con vencional: «Si no puedes rechazarlos, usa armas tácticas.»

Nominalmente, el invierno nuclear no refuerza las TND, ni tampoco las debilita, teniendo en cuenta que no cabe esperar unos efectos medioambientales importantes de una limitada guerra nuclear táctica, si ello fuese posible. Sin embargo, exis-

ten aún tantas armas tácticas, en una Europa densamente urbanizada, que una extensa guerra nuclear táctica, en la que no se detonasen armas en suelo estadounidense o soviético (lo cual es una guerra posible) podría, pese a todo ello, ser capaz de producir un invierno nuclear semihemisférico: Una sola ojiva nuclear táctica puede hacer arder la mayor instalación petrolera y va rias de tales ojivas incendiarían una ciudad grande. Además sólo una mera respuesta estratégica a un conflicto táctico/convencional puede desencadenar un invierno nuclear, con debilitantes consecuencias para ambos bandos. Un primer ataque es tratégico constituye algo mucho menos atractivo a causa del invierno nuclear. Sin embargo, debido a la posible escalada desde un ataque convencional a una respuesta nuclear táctica que lleve en seguida a una guerra estratégica y a un invierno nuclear, la disuasión de una agresión convencional también mejora debido al conocimiento del invierno nuclear. El invierno nuclear no sirve de apoyo para una tajante distinción entre la disuasión táctica y la estratégica.

El invierno nuclear puede aumentar la disuasión estratégica de las maneras siguientes:

A) El invierno nuclear aumenta la *incertidumbre* respecto del resultado de un primer ataque nuclear, o de un intercambio:

1) A través del oscurecimiento a corto plazo de la atmósfera inferior, perjudicando las misiones de vigilancia y de espionaje, incluyendo el guiado terminal y la valora ción de los daños, necesarios para llevar adelante con éxito la batalla, y

2) A través de los efectos a largo plazo en el medio ambiente (incluso para los puros ataques «contra fuerza za»), que puede determinar el grado de «éxito» final de una acción militar específica, o impedir algo que quepa considerar como «victoria» en un conflicto a gran escala.

B) El invierno nuclear aumenta los *costos* sociales más al tos del empleo de armas nucleares, distribuye equitativamente los costos entre las varias partes en conflicto, asegurando ade más que estos costos no pueden evitarse (aunque algunos efec-

tos podrían mitigarse); asimismo, el invierno nuclear es una posibilidad en todos los casos concebibles, y puede representar el mayor de los costos en algunas, y nada improbables, previsiones.

C) El invierno nuclear alienta la *precaución* respecto a los planes específicos sobre objetivos (por ejemplo, lo referente a ubicación de ciudades o instalaciones petrolíferas, o barreras masivas contra misiles móviles), y un control positivo de la escalada. Y, más en general, el invierno nuclear inhibe más y con más fuerza cualesquiera acciones que puedan desembocar en una guerra nuclear.

D) De este modo, el invierno nuclear plantea *dudas* acerca de los conceptos político/militares de «sobrevivir» a una guerra nuclear, y mucho menos de «acabar ganando» en un conflicto de este tipo. Para las profundidades ópticas mayores (clase IV de invierno nuclear y más), incluso pone en tela de juicio la idea de la recuperación nacional después de una guerra nuclear.

E) Al resaltar sobremanera la devastación de una guerra nuclear, el invierno nuclear también hace disminuir la notoria dependencia de una disuasión estable sobre grandes depósitos de armas nucleares (ref. 15.5). Las armas que no pueden utili zarse son unos agentes inefectivos para la represalia o la coer ción. Se puede considerar más conveniente poseer unos depósi tos más pequeños, que aún permitan el mantenimiento de la estabilidad estratégica.

¿Cómo puede cada clase de invierno nuclear afectar la disuasión? Estamos considerando aquí el ámbito de las respuestas climáticas probables para una serie dada de decisiones respecto de los blancos. A través de la represalia por parte de la atmósfera, lo mismo que la represalia por parte del adversario, «la amenaza de represalia no hace falta que llegue a ser segura en un 100% es suficiente que haya una buena probabilidad al respecto, o que exista la creencia de que hay una buena posibilidad» (ref. 15.6). Sin ninguna amenaza de unas consecuencias medioambientales a gran escala (clase I), el invierno nuclear, naturalmente, resulta irrelevante para la disuasión. En el caso

de un invierno nuclear marginal o nominal (clases II y III), la disuasión se afianza, tal vez hasta el punto de una autodisuasión de ser los primeros en atacar. Además, dada la incrementada preocupación acerca de incluso un invierno nuclear marginal, se contendrían los ataques sobre muchos blancos urbanos, que de otro modo podrían ser destruidos, salvando así millones de vidas. La proximidad de las ciudades y los blancos estratégieos, a su vez, limita las opciones de ataque, dejando a la nación atacada en una posición mucho más fuerte para la recuperación de posguerra. De este modo, incluso la perspectiva de un invierno nuclear de clase II concede mucho menos valor a la presunta ventaja del agresor al iniciar una guerra nuclear. Y esto aumenta mucho más en caso de unos inviernos nucleares mucho más graves.

Un invierno nuclear nominal (clase III) promete, adicional-mente, consecuencias muy serias para los no combatientes. Si los alineamientos geopolíticos de posguerra se perciben como algo importante (ref. 15.7), en ese caso el debilitamiento ola pérdida de apoyo por parte de los no combatientes clave, podría significar un impedimento importante para los planes de supervivencia o de poder vencer, aunque este deseo hacia el apoyo de después de la guerra coexiste con una voluntad de que todas las otras naciones supervivientes estén debilitadas, como ya hemos discutido antes. Naturalmente, se trata aquí de una seria ambigüedad moral al poner en riesgo las vidas de centenares de millones de personas de otras naciones, en un intento por preservar unas instituciones políticas domésticas favorables en las naciones combatientes. «Debes morir para que así yo sea libre» es un eslogan con un atractivo muy limitado.

La clase IV (invierno nuclear sustancial) reforzaría mas la disuasión mutua, por las razones antes manifestadas. Resulta claro, si la clase IV constituye uno de los resultados probables de un intercambio central (como nuestros actuales conocimientos de la ciencia fundamental parecen indicar), y si este hecho fuese ampliamente entendido, de ello seguiría una mayor autodisuasión.

El invierno nuclear grave (clase V), o peor, representaría la fábula de la «Máquina del Juicio Final» (ref. 5.3). Ningún dirigente nacional podría empezar a considerar la guerra nuclear; si la clase V fuera algo de lo más probable. Por desgracia, no todos los líderes nacionales son racionales.La perspectiva de

un invierno nuclear grave sugiere que confiamos el futuro de los humanos a la seguridad de las máquinas y a las serenidad y cordura de los dirigentes militares y civiles en un futuro indefinido y para un siempre creciente número de naciones. Sólo hay que pensar en Hitler y en Stalin. Unos locos pueden hacerse con el control de los modernos estados industriales. Incluso podrían conseguirlo sin unas enormes violaciones de las normas legales (ref. 15.8). Con el paso del tiempo, la probabilidad de aue haya unos locos en puestos clave políticos o militares, en las naciones provistas de armamento nuclear, se acerca a la certidumbre. Un invierno nuclear grave implica que los actuales arsenales estratégicos y doctrinas pueden incluir una Máquina del Juicio Final con el regulador del tiempo ya en marcha y contando. ¿Cuál debe ser una política prudente ante esta perspectiva?

Capítulo XVI
LA MÁQUINA DEL JUICIO FINAL

La «Máquina del Juicio final», que nos exterminará a todos, podría construirse ya. Por cuanto sabemos, ya está construida.

BERTRAND RUSSELL, *Has Man a future?* (Nueva York: Simón and Schuster, 1962), pág. 69.

Durante más de un año, han estado circulando en priva-do, entre los dirigentes occidentales de alto nivel ominosos rumores respecto de que la Unión Soviética se halla ya trabajando en lo que sombríamente se ha denominado el Arma Definitiva, el mecanismo del Juicio Final. Las fuentes del servicio de espionaje han rastreado el lugar del proyecto ruso alto secreto hasta los páramos perpetuamente envueltos en niebla, a los pies de los picos árticos de las islas Zojov.

Narración inicial de la película de *Stanley* brick, *Dr. Strangelove* (Columbia Pictures, 1963, escrita por Stanley Kubrick, Terry Southern y Peter George).

Herman Kahn, de la «Rand Corporation» y el «Instituto Hudson» —los dos principales «depósitos de pensamiento» de los militares estadounidenses—, fue un influyente estratega nuclear norteamericano. Fue él, por ejemplo, quien creó los térmi-nos «contra fuerza» (para destruir la capacidad de represalia del enemigo) y «contra valor» (para destruir las ciudades del adeversario). Sus reuniones instructivas de alto nivel, informes y libros fueron fundamentales para la evolución de la política nuclear, tanto en Estados Unidos como en la Unión Soviética. En su libro *On Thermonuclear war,* que apareció en 1960, Kahn introdujo la idea de una «Máquina del Juicio Final». Creía que aquel mecanismo sería «difícil» de construir en los años 1960, pero mucho más fácil en los años 1980 y 1990. Se pondría en marcha, por su propia cuenta, si comenzaba una guerra nuclear —sin importar por quién o por qué— y mataría de «uno a dos» mil millones de personas. O más. Resultaría imposible razonar con ella. Una vez se activara, ni siquiera sus constructores podrían ya alterar sus irrevocables propósitos.

Su función consistía en la disuasión. ¿Quién comenzaría una guerra nuclear sabiendo que el resultado probable sería el Juicio Final? Pero para disuadir, todos los adversarios potenciales deberían estar enterados al respecto. La razón de ser de la Máquina del Juicio Final se perdería si se mantuviera su existencia en secreto.

Una Máquina del Juicio Final ideal debería satisfacer los siguientes criterios: «dar miedo»; «ser inexorable», «automática» (de esta manera el artilugio «elimina el elemento humano, intuyendo cualquier posibilidad de una falta de resolución como resultado de consideraciones humanitarias o amenazas por parte del enemigo) (*); «persuasiva» («incluso un idiota sería capaz de comprender [sus] capacidades»), y «a prueba de lo-cos» (significando con esto que exista una posibilidad muy bajade que funcionara *antes* de una guerra nuclear) (ref. 16.1). Por medio de estos criterios, los actuales arsenales nucleares mundiales *constituirían,* por lo menos, una condicional Máquina del Juicio Final, lo mismo que lo hicieron los arsenales de los años 1960 y 1970. Los inviernos nucleares con un ámbito medio de gravedad, o más, matarían, probablemente, tanta gente como la hipotetica Máquina del Juicio Final de Kahn. Prescientemente, creyó que el umbral más probable para el Juicio Final sería «la creación de cantidades realmente grandes de radiactividad o el originar cambios climáticos importantes». Sin embargo vio algunas dificultades:

(*) James R. Newman, en una crítica para *Scientific American*, des-

La Máquina del Juicio Final no es suficientemente *controlable*... [Un] fallo mata demasiadas personas y las mata de manera demasiado automática. No existe posibilidad de intervención humana, control y decisión final. E incluso si prescindimos *del* ordenador y conseguimos que la Máquina del Juicio FinL sea controlable de una manera segura por los que adoptan las' decisiones, continúa sin ser lo bastante controlable. Ni la OTAN, ni los Estados Unidos, ni posiblemente tampoco 1a Unión Soviética, se mostrarían deseosos de gastarse miles de millones de dólares para conceder a unos pocos individuos esta clase particular de poder sobre la vida y la muerte de todo el mundo.

Ni los norteamericanos ni los europeos occidentales «deberían o querrían diseñar y procurarse un sistema de seguridad en el que un mal funcionamiento o un fallo originase la muerte de mil o dos mil millones de personas. Si se hiciese explícita la elección, los Estados Unidos o la OTAN considerarían con seriedad sistemas de "baja calidad": por ejemplo, sistemas que fueran menos disuasores, pero cuyas consecuencias resultaran menos catastróficas de fracasar la disuasión».

Y esta precaución no se limita al público en general:

> He quedado sorprendido por la unanimidad con que se ha recibido la noción de la inaceptabilidad de una Máquina del Juicio Final... Excepto algunos científicos e ingenieros que han enfatizado en demasía el único objetivo de maximizar la efectividad de la disuasión, el aparato es rechazado de una manera universal. No parece algo profe-

---

cribe *On Thermonuclear war* como «un opúsculo moral acerca del asesinato en masa: cómo planearlo, cómo realizarlo, cómo escapar de el, cómo justificarlo». El mismo Kahn comentó que «constituye el sello de uu experto profesional al que no le importa a dónde va, siempre y cuando actúe de una manea competente». Pero resulta importante no mirar a kahn como un *extraño* monstruo moral a causa de tales sentimientos. El suyo no es más que un corriente, y tal vez irreductible, modo de pensamiento militar. Clausewitz escribió de la guerra: «Ésta es la manera en que puede considerarse el asunto, y no existe el menor propósito, ni siquiera contra las mejores intereses personales, de retroceder ante la consideración de la auténtica naturaleza del caso, porque el horror de sus elementos excite la repugnancia» (ref. 16.2). El problema no radica en las estrategias extraídas y moldeadas por la guerra, sino en la institución de la guerra en sí.

> sional a los jefes militares, y aún parece algo peor a los civiles de alto rango...
>
> Cuanto más se aproxima un sistema de armamento a una máquina del Juicio Final, se convierte en menos satisfactoria.
>
> Ademas de dejar muy claro que sus sistemas de armamento son útiles —es decir, que pueden hacer algo—, los militares deben también dejar claro que los sistemas ar-mamentísticos no son omnipoderosos... No deben ser una Máquina del Juicio Final... Ni siquiera puede parecer que se lleguen a convertir en una Máquina del Juicio Final si se usan mal, y mucho menos si se emplean de una manera autorizada.
>
> Nunca llegaré a enfatizar bastante lo importante que resulta que quede claro que no estamos desarrollando y planificando el empleo de Máquinas del Juicio Final, o ni siquiera sistemas que, de ser usados (ya sean o no buenos disuasores), destruirán al defensor y a una larga porción del mundo junto con el agresor...

En *Dr. Strangelove,* Stanley Kubrick pone la doctrina de Kahn en labios de un general de la Fuerza Aérea de Estados Unidos llamado Turgidson: «No estoy diciendo que no vayamos a despeinarnos. Lo único que digo es que se matarían, más o menos, de diez a veinte millones de personas, dependiendo de los frenos.» Sin embargo, cuando las muertes ascienden a mil millones, incluso Herman Kahn comienza a verse movido Por las mismas consideraciones humanitarias que, de otro modo, él considera como impedimentos para una disuasión efectiva. Ante una gigamuerte» (=1.000 «megamuertes» = 1.000.000.000 de personas muertas), se muestra ya deseoso de cambiar de opinión acerca de la disuasión estratégica. El impedir que haya máquinas dell Juicio Final, escribió, era «un problema de control central de armamentos, tal vez *el* problema central».

Constituye una amarga ironía que la Máquina del Juicio Final contra la que Kahn previno tal vez se haya ido construyendo lentamente a causa de las auténticas políticas por las que él abogaba, y con la plaga rnás poderosa posible de las Máquinas del Juicio Final incluida: puesto que el invierno nuclear aún no se había descubierto, nadie sabía que estaba ya creada una Máquina del Juicio Final.

Herman Kahn murió en 1983, cuando ya se estaban discu tiendo los primeros resultados del invierno nuclear entre los estrategas nucleares. Acababa de terminar un libro (ref 16.3) que se publicó postumamente, con una laudatoria introducción del general Brent.Scowcroft. Los editores fueron tan lejos como para añadir en una nota a pie de página: «Si la teoría del invierno no nuclear resulta correcta, se producirían algunas implicaciones en ciertas previsiones discutidas en este libro.» Esto par'ece lacónico en exceso. Tal y como indican las observaciones citadas antes, la única respuesta política consistente con Kahn ante el descubrimiento de que inadvertidamente podemos haber construido una Máquina del Juicio Final, es destruirla. Incluso una conspiración de locos al timón de varias naciones-Estado provistas de armamento nuclear, por improbable que esto parezca, no debería ser capaz de originar un invierno nuclear a la especie humana.

La única forma de lograr semejante grado de seguridad radica en reducir los depósitos nucleares mundiales a un nivel en que no pueda ocurrir un invierno nuclear. Esto es lo que significa desmantelar la Máquina del Juicio Final. La destrucción masiva, y a nivel mundial, de armas nucleares es por lo tanto algo esencial para la seguridad nacional: el auténtico icono ante cuyo altar se encuentra la acumulación a nivel mundial de armas nucleares. Como Kahn subrayó, existen acuciantes razones políticas y estratégicas para asegurarse de que no se encuentra el menor indicio de Máquina del Juicio final en los arsenales nucleares.

La reducción masiva de armas nucleares es una empresa muy seria. Es como entrar en aguas inexploradas. No carece de riesgos. Tal y como dijo John Stuart Mili, «contra un gran mal un remedio pequeño no produce pequeños resultados. No produce resultados en absoluto». Si vemos que nos hallamos cerca de construir una Máquina del Juicio Final, debemos desmontarla, como subrayó Kahn, aunque al hacerlo así debamos disminuir de una manera significativa la fiabilidad y credibilidad de la disuasión. Por fortuna, tal y como discutiremos más adelante, unos arsenales estratégicos apropiadamente configuados, a unos niveles comparativamente bajos, pueden incrementar, no disminuir, la estabilidad de la crisis y de la seguridad nacional.

DR. STRANGELOVE: EL JUICIO FINAL NUCLEAR ACCIDENTAL EN LA CULTURA POPULAR

Mientras un bombardero estratégico estadounidense, cargado con armas nucleares, comienza un ataque no autorizado contra la Unión Soviética, el Presidente, en la Sala de fuerra, pregunta al Jefe del Mando Estratégico del Aire:

> PRESIDENTE: General Turgidson: cuando usted estableció las pruebas de seguridad humana, me aseguró que no existía posibilidad de que ocurriese una cosa así...
>
> TURGIDSON *(Escandalizado):* No... no... creo que resulte del todo justo condenar todo un programa a causa de un simple desliz, señor.

Pero, dado que va a ocurrir un pequeño ataque nuclear accidental, Turgidson propone aprovecharse de la «oportunidad» para convertirlo en un primer ataque masivo. Pero no ha tenido en cuenta el hecho de que esto desencadenará la Máquina del Juicio Final soviética, porque los rusos no han ido por ahí contándoselo a cualquiera.

> De la película de Stanley Kubrick *Dr. Strange-love* [en español: *¿Teléfono rojo?: Volamos hacia Moscú],* con guión de Stanley Kubrick, Terry Southern y Peter George (Columbia Pictures, 1963).

Capítulo XVII
¿ES SUFICIENTE EL INFINITO?
DISUASIÓN MÍNIMA SUFICIENTE (MDS)

Por lo tanto, una guerra que pudiese originar la destrucción de ambas partes a la vez... permitiría la conclusión de una paz perpetua sólo encima de la vasta tumba de la especie humana.

IMMANUEL KANT, *Paz perpetua* (1795), 1,6.

Unos mayores recortes en los arsenales nucleares mundiales serían de interés para todos en la Tierra. No proporcionarían una ventaja especial a los estadounidenses, a los rusos o a cualuier otro. No nos impulsarían los políticos o la ideología o la devoción nacional, sino únicamente nuestro interés por seguir vivos. Si nos place, podemos considerar que es una buena idea amenazar alguna de las mayores ciudades de otro país. ¿Pero. no desearíamos estar seguros de que ninguna circunstancia concebible, ningún mal funcionamiento de los ordenadores ningún dirigente orate, ningún fallo en el espionaje o en las comunicaciones, *nada* podría destruir nuestra civilización y poner en peligro a nuestra especie? Éste no es un argumento respecto de quién tiene razón en las querellas entre las grandes

potencias; ni siquiera es una cuestión de nacionalismo contra orden mundial. Es sólo un asunto de todos, incluyendo a los miles de millones de personas, a quienes, sin participar en cualquier tipo de contienda, ello les llevaría a la guerra nuclear, sin tener el menor derecho a su futuro.

A principio de los años 1980, uno de nosotros le preguntó a un importante consejero científico del gobierno soviético, el por qué la URSS se veía impelida a tener tantas armas nucleares y sistemas de lanzamiento como Estados Unidos, cuando un número mucho más pequeño sería suficiente para la disuasión. Él se sacó su agenda y escribió su respuesta: «°° = °°», infinito igual a infinito.

En la actualidad, se halla ampliamente reconocido (ref. 17.1) que las fuerzas nucleares existentes exceden con mucho lo que hoy se requiere para la disuasión, una situación a menudo descrita como «capacidad de destrucción excesiva» *(overkill).* Sin embargo, sean cualesquiera las ansiedades que uno tenga (o, más importante, sean cuales sean las ansiedades que tenga tu adversario) respecto de la fiabilidad y efectividad del arsenal propio, todas quedarán calmadas sí uno lo posee varias veces en exceso, hasta constituir, de manera efectiva, un arsenal infinito. Por lo tanto, el reducir los arsenales suscita ansiedades respecto de la estabilidad de la disuasión en una crisis. ¿Podrían ambos bandos llegar a convencerse de no poder rehuir la devastación aunque la represalia repose en muchas menos armas?

Los comparativamente pequeños arsenales británicos, franceses y chinos —cada uno de ellos con unos centenares de ojivas nucleares— representan una demostración *de facto* de que, en el mundo real, los pequeños arsenales estratégicos *pueden* llegar a constituir una disuasión adecuada, o, por lo menos, la que los dirigentes nacionales creen poseer. El único ejemplo claro que tenemos de los Estados Unidos y de la Unión soviética echándose hacia atrás al borde de la guerra nuclear, lo constituye la crisis cubana de los misiles del año 1962. Cada bando quedó ampliamente disuadido por el despliegue mutuo de fuerzas estratégicas nucleares. Pero el arsenal estratégico soviético comprendía por aquel entonces sólo unos centenares de armas nucleares- (El arsenal de Estados Unidos era de diez a veinte veces mayor) Una vez más, unos centenares de armas demostraron ser suficientes para proporcionar una disuasión adecuada.

La perspectiva del invierno nuclear, incluso en su caso peor no elimina por sí misma el peligro de una guerra nuclear dado[r] que el mundo en que vivimos está repleto de accidentes, coincidencias desgraciadas, incompetencia y locura. No obstante, el invierno nuclear tiende a socavar la doctrina corriente de la disuasión. Con casi 60.000 armas nucleares en el mundo, ¿cómo podría ser creíble la amenaza de un primer ataque masivo o una represalia masiva, si eso, inexorablemente, coloca al atacante en peligro mortal? El invierno nuclear sugiere que la di′ suasión es ya creíble con sólo unos inventarios de armas muchos menores. Si la amenaza de usar los actuales arsenales masivos carece de sentido, o se percibe como carente de sentido —a causa de la autodisuasión—, y si, a pesar del peligro, una pequeña guerra nuclear es capaz de realizar, o resulta posible que realice, la escalada hasta un intercambio central (ref. 9.3), en ese caso las fuerzas nucleares estadounidenses y soviéticas quedan despojadas de gran parte de su alabada función disuasoria. Queda, además, en duda su voluntad de enzarzarse incluso en una guerra nuclear «limitada». ¿Se convertirán en ese caso, los partidarios de la disuasión en abogados de la suficiencia mínima?

Esta combinación de hechos e implicaciones nos mueve a preguntar cómo podrían modificarse las estructuras de fuerza para mantener o reforzar la disuasión, aunque reduciendo el riesgo de una catástrofe climática global (ref. 17. 2). Se ha argumentado que la «suficiencia mínima» (véase recuadro) en los arsenales nucleares, combinada con una flexibilización en a elección de los blancos, constituye una postura moralrnen muy superior a lo que hoy se predica (ref. 17.3). El presiden Dwight Eisenhower fue tan lejos como hasta incluso razo que «si recortamos los armamentos hasta el punto de que quede una fuerza de represalia, la guerra se convertiría en por completo fútil» (ref. 17.4).

El valor potencial de dar unos pasos *unilaterales* puede ser objeto de debate, en ambos bandos, con unos argumentos que resultan casi persuasivos. En una vertiginosa sucesión de pasos unilaterales, los soviéticos han anunciado que realizaran retiradas masivas de tropas y de blindados de Europa (y actualmente se hallan en el proceso de llevarlo a cabo); eliminar todas las bases militares en ultramar hacia el año 2000; desmantelar el radar de Krasnoiarsk, porque viola el Tratado de Misiles Anti-

balísticos (ABM), reducir a la mitad la producción de carros de combate; enlentecer su modernización de armas nucleares, y no intervenir ya más militarmente en otras naciones. Desde agosto de 1983, la URSS no ha realizado pruebas de armas antisatélite. ha dado por concluida su invasión de Afganistán; durante 18 meses ha paralizado todas las pruebas nucleares, confiando (en vano) en que Estados Unidos se halle conforme en una moratoria; ha emprendido algunos pasos importantes haciala democracia (con sólo algunos pasos atrás), y ha permitido en los países vecinos, unos pasos mucho mayores, que han opuesto seriamente en peligro la coherencia y efectividad militar de la organización del pacto de Varsovia. Los soviéticos —sin un daño perceptible hasta el momento— se han embarcado en medidas unilaterales de control de armamentos. Sin embargo, no pueden continuar de manera indefinida sin una respuesta de alguna clase por parte de Estados Unidos. También tienen sus militaristas conservadores y de línea dura, nacionalistas, paranoicos y estrategas que recuerdan los pactos de Munich y la *blitzkrieg* de Hitler, al igual que ocurre en Estados Unidos. Pero resulta innecesario para la URSS que considere sólo pasos unilaterales. En la actualidad existen unas oportunidades prometedoras en extremo únicas para que Estados Unidos y los soviéticos se unan en unos pasos *bilaterales,* que, llegado el momento, se amplíen hasta incluir a otras naciones con armamento nuclear o capaces de poseerlo. Esto está comenzando a suceder, Pero con unos fines y un ritmo que aún no se adecúan del todo a la seriedad y urgencia del problema. La perspectiva de un invierno nuclear coloca, por lo menos a todas las naciones del Hemisferio Norte, en una condición relativamente vulnerable y, por lo tanto, conscientes de ello. Todas las naciones de la Tierra poseen un urgente autointerés en asegurarse de que ninguna guerra nuclear de importancia -una que implique la explosión de algunos centenares de ojivas nucleare o más— tenga posibilidad de estallar. La noción de que una «pequeña» guerra nuclear podría «refrenarse», que los controles de escalada» llegasen a evitar una rápida evolución hacia un conflicto nuclear global, todo ello no es más que una piadosa esperanza (ref. 9.3). Podría constituir algo alocado y mortífero como piedra angular de la seguridad nacional. El peligro es tan grave y tan abierto que la única garantía segura consiste en destruir casi todas las armas nucleares de

la Tierra: de forma multilateral, de manera fiable y verificable Todo esto es factible. No parecen existir serios impedimentos técnicos. Los problemas principales son de tipo político . Las naciones con los mayores arsenales nucleares son las que tienen unas necesidades también mayores, así como la mayor de las obligaciones morales, de adoptar medidas a prueba de locos, que garanticen que el invierno nuclear no llegue nunca a presentarse. Si lo desean, pueden aún conservar su confianza en la disuasión estratégica. Y, puesto que la transición desde la guerra táctica hasta la estratégica es muy probable que sea continua e inevitable, deberían, si se hallasen tan motivadas mantener una disuasión ampliada, con armas estratégicas para salvaguardar sus «intereses vitales», pero con muy pocas armas estratégicas.

Cuando, en lo que queda de este libro, exploremos las formas de alcanzar la suficiencia mínima, no pretendemos que ello se parezca a un mapa de carreteras. Se trata sólo de unos bosquejos, previstos para estimular y alentar mejor a los artistas y dibujantes. Echemos un vistazo a esos detalles.

Resulta claro que existen procedimientos seguros e inseguros, estabilizadores y desestabilizadores, de reducir los arsenales nucleares. Hay pasos que parecen prudentes a corto plazo, pero que constituyen unas barricadas para el avance a largo plazo. Como en la misma carrera armamentística, aparecerán impedimentos políticos para el cambio, entre los que se incluyen la percepción de sentido común de la era prenuclear, respecto de que una nación que reduzca su arsenal se convierte en más débil. No obstante, algunos pasos parecen claros. Por ejemplo, sería algo más seguro destruir primero los sistemas de armamento más desestabilizadores, en especial los misiles «MIRV», aquellos con numerosas ojivas nucleares.

Proponemos varios enfoques a emprender (unidos, en proporciones adecuadas); se discuten con más detalle más adelante:

1) Destrucción multilateral de las armas estratégicas más vulnerables y desestabilizadoras (por ejemplo, los misiles MIRV con base en silos), que incluya también la desmultiplicidaad de los MIRV: en otras palabras, regresar a una ojiva nuclear por misil.

2) Ir abandonando los sistemas de lanzamiento interme-dios de vuelo corto, en Europa y Asia, tal y como se ha llevado últimamente a cabo según las condiciones del Tratado INF (Fuerzas Nucleares de Alcance Intermedio).

3) Eliminación gradual de todas las fuerzas nucleares tácticas de avanzadilla, incluyendo los misiles de corto alcance, que se hallan en peligro de verse desbordados por una invasión

convencional (y, por lo tanto, vulnerables a la tentación de «emplearlos o perderlos»).

4) Reducción, compensación y retirada sustancial y desmovilización de las fuerzas convencionales en la Europa de la OTAN y del Pacto de Varsovia (esto requiere reducciones de fuerzas mayores por parte del Pacto de Varsovia que de la OTAN, como ya se ha puesto en marcha; véase más abajo).

5) Abandono de la Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI), tal y como se halla constituida en la actualidad, así como cualesquiera programas soviéticos comparables, y mantenimiento del papel militar en el espacio exclusivamente para las comunicaciones, previsión del tiempo, vigilancia, lanzamiento de advertencias y misiones de cumplimiento del tratado (ref. 17.5).

6) Reducción y desaparición, con la mayor rapidez posible, de todas las pruebas de armas nucleares, en cuanto empiece a establecerse el régimen del mínimo suficiente.

7) Los niveles de fuerzas estratégicas deben reducirse a unas 100-300 ojivas nucleares para cada uno, entre Estados Unidos y la URSS, con sustanciales reducciones en otras naciones.

Aunque estas proposiciones son muy amplias, todas ellas han sido ofrecidas a los más altos niveles, en discusiones y negociaciones entre Estados Unidos y la Unión Soviética; todas han sido discutidas por especialistas (y, en diversos grados, respaldadas); en nuestra opinión, son técnica y políticamente al-canzables. Se han realizado justificaciones para todas esas medidas (excepto los valores numéricos a los que se hace referencia en el punto 7) discutiéndose extensamente sin realizar una explícita refeencia al invierno nuclear. Creemos que el espectro de los posibles resultados climáticos del invierno nuclear, aumentan en extremo lo bien fundado y urgente de dar esos pasos, pero todos ellos tienen pleno sentido incluso sin invierno nuclear.

Resulta claro que existen temas importantes que deben re-

solverse respecto del ritmo y la coordinación, con el fin de que ninguna de las partes tenga una ventaja estratégica, presunta o real, o ni siquiera temporal, que pueda llevar a unos cálculos erróneos. En todos los momentos del proceso de reducción los estructuras de fuerza —tanto nucleares como convencional las deben configurarse de una forma consistente con el fin militar de estabilidad de la crisis, y hallarse equilibradas apropiadamente entre (y con) los antagonistas. También resulta esencial establecer unos mecanismos para una comprobación a fondo, incluyendo, si es necesario, una verificación total *in situ.* La aceptación por parte de los soviéticos de la red sísmica del Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (incluyendo la pre. sencia de técnicos estadounidenses en el lugar de pruebas soviético, cerca de Semipalatinsk) y la subsiguiente observación oficial de las pruebas subterráneas, en el suelo de una u otra parte; acuerdo bilateral sobre la inspección por el contrario de las instalaciones de producción de cada cual y la exhibición de armamentos por parte del otro, tal y como se ha convenido en el tratado INF; inspección del armamento secreto de cada lado por el Jefe del Mando de Jefes Conjuntos y por el Jefe del Estado Mayor Soviético; e instauración bilateral de peticiones de inspección de las maniobras militares en Europa bajo los Acuerdos de Estocolmo (ref. 17.6), todo ello sugiere que la verificación ya no constituye algo parecido a un obstáculo para un acuerdo nuclear total como ya se creía en otro tiempo.

Examinaremos las estructuras de fuerza al comenzar el capítulo próximo. Pero primero lanzaremos una mirada de cerca al tamaño de una fuerza de disuasión suficiente mínina (MSD).

Por lo general, se define el MSD como la más pequeña fuerza efectivamente invulnerable capaz de lanzar un devastador ataque de represalia tras un no impedido primer ataque, a lo cual añadiremos el criterio de no resultar posible inducir un in vierno nuclear. Desde el principio, algunos han manifestado que no se necesita una fuerza muy grande para la disuasión,. A principios de 1945, mucho antes de Hiroshima, Leo Szillard —uno de los principales instigadores del Proyecto Manhattan-redactó un mensaje para el presidente Franklin Roosevelt que -éste no vivió para ver. En parte decía:

> La existencia de las bombas atómicas significa el final

de la fuerte posición de Estados Unidos a este respecto. A artir de ahora, el poder destructivo que acumulen otros naíses, además de Estados Unidos, puede alcanzar con facilidad el nivel en el que todas las ciudades del enemigo sean destruidas en un único ataque repentino... Por lo tanto, producir más que el «enemigo» no incrementará necesariamente en gran manera nuestra fuerza (ref. 17.7).

El padre de la estrategia nuclear de Estados Unidos, Ber-nard Brodie, comentó:

La superioridad en el número de bombas no es en sí una garantía de superioridad estratégica en la guerra con la bomba atómica... Si con 2.000 bombas, en manos de cada una de las partes, es suficiente para destruir por completo la economía de la otra parte, el hecho de que un lado tenga 6.000 y el otro 2.000, alcanza una significación relativamente pequeña (ref. 17.8).

La suficiencia mínima fue también reconocida ya en 1945 por muchos de los científicos de Los Álamos que habían fabricado las primeras bombas atómicas (ref. 17.9) y, en 1946, por el ex vicepresidente Henry Wallace:

En lo que se refiere a ganar una guerra, el tener más bombas —incluso muchísimas más bombas-— que la otra parte, ya no constituye una ventaja decisiva. Si la otra nación tiene suficientes bombas como para eliminar todas nuestras ciudades principales y nuestra industria pesada, no nos ayudará mucho si tenemos diez veces más bombas de las necesarias para hacerles lo mismo a ellos (ref. 17.10).

George F. Kennan, el jefe del Consejo de Planificación del Departamento de Policía Estatal, escribió al secretario de Esta-do, Dean Acheson, el 20 de enero de 1950:

Podemos considerar [las armas nucleares] como algo superfluo para nuestra postura militar básica, como una cosa que nos vemos obligados a mantener contra la posibilidad de que sean usadas por nuestros oponentes. En

> este caso, como es natural, deberíamos no edificar una con fianza sobre ellas en nuestra planificación militar. Dado que representan sólo una insoportable carga de gasto de fondos y esfuerzos, deberíamos mantener sólo lo mínimo requerido para los propósitos de disuasión-represalia (ref. 17.11)(*)

Kennan también cita un discurso del embajador soviético Andréi Vishinski, el 10 de noviembre de 1949, ante la Asamblea General de la ONU, en el que afirmó que la adquisición por par te de los soviéticos del armamento nuclear sólo buscaba poseer un mínimo de disuasión.

«Lo que usted quiere es *suficiente* —explicó el presidente Dwight Eisenhower al cascarrabias Jefe del Mando Estratégico del Aire, el general Curtis Le May—. Una disuasión no tiene poder añadido una vez se ha completado adecuadamente» (ref. 17.12). Y en la última entrevista antes de morir, el presidente soviético y ex ministro de Asuntos exteriores, Andréi Gromyko, se decantó por la suficiencia mínima, incluso en el caso de que Estados Unidos mantuviese unos arsenales mucho mayores. Afirmó que ésta debería haber sido la política soviética desde el principio, pero ningún líder político o militar, ni ningún científico, había tenido el coraje de sugerir semejante y radical paso. Pero «hoy tenemos derecho a ser más inteligentes y decididos» (ref. 17.13).

Sin embargo, históricamente la opinión de los expertos ha variado ampliamente en lo que debería ser una fuerza MSD. En 1959, el almirante Arleigh Burke, Jefe de las Operaciones Navales, razonaba:

> Para hacer nuestra fuerza de represalia segura respec" to de un ataque del enemigo, no necesitamos tener un número muy grande de misiles y bombarderos. Tanto si la URSS posee la mitad o varias veces el número de misiles de los Estados Unidos, ello es algo realmente académico mientras poseamos una segura capacidad para destruir Rusia, y mientras los soviéticos lo sepan y estén realmente convencidos de esto (ref. 17.14).

Urgió la posesión de una fuerza invulnerable de submarinos con misiles con unos cuantos centenares de ojivas nucleares En 1961, los consejeros científicos del presidente y del control

de armamentos abogaron por 300 Minuteman ICBM de una sola ojiva nuclear; el secretario de Defensa, 700 +_ 100; el secretario de las Fuerzas Aéreas, 1.450; el Jefe del Mando de la Fuerza Aérea 2.950; y el Jefe del Mando Estratégico del Aire, 10.000 (ref 17.15) (*)

La detonación de 10 a 100 modernas ojivas termonucleares por cada nación llegaría a producir (con unos objetivos urbanos e industriales) un inaceptable daño económico; un número similar de explosiones podría tener una influencia dominante en el resultado de una importante operación militar (con blancos en las fuerzas en el suelo y en el mar). El empleo de tecnologías que minimicen la vulnerabilidad (véase más adelante), el número *máximo* de ojivas nucleares por cada lado necesarios para garantizar un inaceptable daño de represalia es ciertamente menos de 1.000; es decir, por lo menos un factor 10 veces por debajo del número de ojivas nucleares de ios actuales arsenales estratégicos (ref. 17.17). Si las ojivas nucleares MSD y los sistemas de lanzamiento poseen una alta condición de supervivencia y fiabilidad, sólo se necesitarían unos 100 por cada bando (ref. 17.18).

Tales pequeñas fuerzas MSD han sido ya antes consideradas en Occidente, y no sólo en los años Kennedy-Johnson (ref. 9.14). En su segundo día en el cargo, el presidente Jimmy Carter propuso a los soviéticos unos profundos recortes mutuos en los arsenales estratégicos (lo cual fue prontamente rechazado; tontamente, diría ahora eí portavoz de los soviéticos). Y en su primera reunión con los Jefes del Mando Conjunto (ref. 17.19), Cárter pidió un estudio de un MSD que comprendiera unos cuantos centenares de armas (que fue asimismo rechazado en el acto; pero en la documentación conocida no parece incluirse una reconsideración general por parte de JCS de la prudencia de este juicio). La doctrina estratégica británica normal se basa en el «criterio de Moscú», la creencia de que la

(*) Tal vez hubiera pedido un +_ de ser ello posible. Unos cuantos más millones que 10000 armas estratégicas es a donde han llegado finalmente los Estados Unidos (y también la Unión Soviética). Más unas 15000 armas tácticas cada uno, la mayoría de ellas más poderosas que las bombas de Hiroshima y Nagasaki. Los primeros abogados del mínimo su-ficiente perdieron este debate. Difícilmente, los científicos del Proyecto Manhattan hubieran imaginado que, un día, habría, entre 10.000 y 100000 armas nucleares en el mundo (ref. 17.16).

habilidad para detener la fiabilidad de Moscú constituye,por sí misma, una disuasión adecuada (ref. 17.20); se halla de acuerdo con la «disuasión existencial» de McGeorge Bundy (ref. 9.14) véase recuadro). La disuasión mínima se halla «embebida subcutáneamente» (ref. 17.21) en las recomendaciones de la Comisión Presidencial Scowcroft y en el informe del gobierno, *Disuasión discriminada* (ref. 17.22).

Sin embargo, algunos expertos creen que las reduccione de fuerza por debajo de muchos millares de ojivas nucleares estratégicas constituirían un riesgo para mantener la disuasión ampliada, o incluso la disuasión estratégica (por ejemplo, ref. 9.8). Pero unos arsenales mundiales de millares de ojivas nucleares estratégicas podría generar, con una elevada probabilidad, por lo menos un invierno nuclear marginal (figura 6); un arsenal global de unos cuantos centenares de tales armas podrían con mucha menos probabilidad generar serias consecuencias climáticas, incluso aunque hubiera unos abundantes objetivos de contra valor. Tales pequeños inventarios también harían mucho menos probable que, en un conflicto interno étnico —por ejemplo, en la Unión Soviética o China — las armas nucleares pudiesen ser capturadas por los nacionalistas regionales (ref. 17.23). Proponemos fijar las fuerzas de represalia a niveles que casi eliminen la posibilidad de un invierno nuclear por cualquier futura política o doctrina nacional sobre blancos. El objetivo del específico invierno nuclear en la transición a la suficiencia mínima es *generar una disuasión estable en la que la probabilidad de la guerra nuclear sea en extremo pequeña, pero donde, si sucede lo peor, no hubiese unas consecuencias significativas globales climáticas.* El invierno nuclear no sólo proporciona unos argumentos adicionales para la suficiencia mínima sino que también ayuda a establecer cuáles son los niveles de fuerza MSD requeridos.

El acuerdo ratificado de Fuerza nuclear de Alcance Intermedio (INF) y el propuesto (ref. 17.24) START (Conversaciones de Reducción de Armas Estratégicas), son pasos importantes hacia un régimen MSD. Sin embargo, las desinversiones INF solo constituyen un 3% de los arsenales nucleares globales, y los materiales fisionables de esas armas no se destruyen, sino que más bien se reprocesan para nuevas armas nucleares. Existen en Europa unas 10.000 armas nucleares, *en el exterior de la* Unión Soviética. Incluso en el propuesto acuerdo START- que

implica el desmantelamiento de una tercera parte de los arsenales estratégicos de Estados Unidos y la Unión Soviética (ref. 17.25) y tal vez incluso la destrucción de las ojivas nucleares y que, aunque representen una reducción de armas nucleares sin precedentes, es sólo un principio. Dejaría a las superpotencias nucleares con suficientes armas estratégicas para destruir cinco veces cada ciudad del planeta con una población que exceda las 100.000 personas.
Habrá una inclinación, especialmente si conseguimos ejecutar el START, a autofelicitarnos, a creer que tenemos ya sufi-ciente inercia para alcanzar un mundo seguro de armas nucleares y volver nuestra atención a otros asuntos. Pero START dejará a las superpotencias nucleares con docenas de veces el número de armas estratégicas necesarias para iniciar un invierno nuclear. START [en inglés: empezar] es esencial, pero es sólo —tal y como sugiere su acrónimo— un primer paso.

¿CÓMO PODEMOS LLAMARLO?

¿Cómo podemos llamar a un arsenal estratégico lo suficientemente pequeño para evitar el invierno nuclear, pero lo suficientemente grande para proporcionar una medida real de disuasión? Esto se halla íntimamente relacionado con una pregunta más antigua: ¿Cuál es la fuerza estratégica mínima que pueda proporcionar una disuasión adecuada? A esto se le llamó «disuasión mínima» por parte de oficiales navales y científicos civiles, en un intento por justificar la introducción del submarino nuclear Polaris a finales de los años 1950 (cf. ref. 17.14). Su recomendación quedó teñida de una rivalidad entre servicios. Se argumentó, sobre unas bases que aún tienen mucho mérito, que una pequeña fuerza submarina invulnerable de represalia era en sí misma una disuasión por completo adecuada (cf. ref. 9.14), que convertía a los mucho más vulnerables bombarderos de la Fuerza Aérea y a los misiles fijos en ciertos lugares, en algo superfluo o incluso peligroso. pero, "a causa de que la palabra "mínimo" lleva una connotación de jugar con la seguridad nacional por razones presupuestarias, se cambió por "finita" (que posee la connotación

de desear lo suficiente y no más, y también sugiere que los oponentes desean una cantidad infinita o por lo menos irrazonable)» (ref. 5.3, nota a pie de página, pág. 14). No obstante, existe el peligro de que Disuasión Finita sea claramente una mala denominación: toda disuasión es finita, incluso la nula. Lo infinito es inalcanzable.

En busca de una alternativa, hemos ofrecido el término «Fuerza de disuasión canónica» (CDF) [R. P. Turco y C Sagan; «Implicaciones políticas del invierno nuclear», *Ambio 18* (7), 1989, 372-376], que entendemos en el sentido mate mático de básico o estándar, pero que, se nos recuerda, también sugiere un convenido, aunque arbitrario, canon de creencias; la ambigüedad descansa en el hecho de que existen disidentes que mantienen otras fes. Y lo que es más importante, la frase no aporta la idea que se encuentra detrás del canon. Problemas similares, por lo menos en lengua inglesa, se aplican asimismo al término «suficiencia razonable», la sugerencia históricamente significativa de Mijaíl Gorbachov, en sus propias palabras, de «preservar el equilibrio total, pero al menor de todos los niveles posibles» [cf. Raymond L. Garthoff, «Nueva forma de pensar en la doctrina militar soviética», *Washington Quaterly,* verano de 1988, 131-158): La gente difiere acerca de lo que es razonable; el general A. I. Gribkov, por entonces jefe de Estado Mayor del Mando Combinado del Pacto de Varsovia, definió la suficiencia razonable como algo esencial, fuesen cuales fuesen las fuerzas que tuviera Estados Unidos (entrevista de Gribkov, «Doctrina para asegurar la paz», *Krasnaia Zvezda [Estrella Roja],* 25 de setiembre de 1987, Garthoff, *ibíd.).* Otros analistas, soviéticos y estadounidenses, han propuesto la «disuasión defensiva» o «disuasión fundamental» (Stephen Sghenfield, «Disuasión nuclear mínima: el debate entre los analistas civiles soviéticos». Centro para el Desarrollo de la Política Exterior, Brown University, noviembre de 1989.)

En vez de todo ello, proponemos volver a la frase «disuasión mínima», pero añadiendo un adjetivo calificativo clave, «disuasión suficiente mínima», o MSD. De modo equivalente, usaremos «suficiencia mínima». Queremos poner tanto en énfasis en «suficiente» como en «mínima». Por lo menos, en ese caso el debate se enfoca sobre cuál es el arsenal suficien mínimo para la disuasión (y para evitar el invierno nuclear*)*

SUPERCAPACIDAD DE DESTRUCCIÓN MARCIANA

Poco después de que [Robert S.] McNamara ocupase el cargo de Secretario de Defensa [1961], uno de sus cínicos secretarios ayudantes «me explicó» la posición de esta manera: ¿No lo comprendes? —me preguntó—. Primero necesitábamos bastantes Minutemen [misiles alojados en silos] para estar seguros de que destruiríamos todas las ciudades rusas. Luego necesitamos Polaris [submarinos lanzadores] para seguir preparados para destrozar hasta los cimientos a una profundidad de tres metros... Luego, cuando toda Rusia está silenciosa, y cuando ya no quedan defensas aéreas, necesitamos oleadas de aviones para dejar caer suficientes bombas para poner todo el lugar patas arriba hasta los trece metros, para impedir que los marcianos recolonizasen el país. Y al diablo con la lluvia radiactiva.» Esto ocurrió poco antes de que se retirase de su puesto en el Pentágono.

LORD SOLLY ZUCKERMAN, *Nuclear Illusion and reality* (Nueva York: Viking Penguin, 1983). Zuckerman era consejero científico jefe del Ministerio de Defensa británico.

PENSANDO EN LO IMPENSABLE

Existe una brecha enorme entre lo que los dirigentes politicos realmente piensan acerca de las armas nucleares y lo que se adopta en complejos cálculos de relativas «ventajas» en la guerra estratégica simulada. Los analistas de los depósitos de pensamiento fijan los niveles de daño «aceptables» en hasta centenares de millones de vidas... Viven en un mundo irreal. En el mundo real de dirigentes políticos reales —de aquí o en la Unión Soviética—, una decisión que acarree arrojar incluso una bomba de hidrógeno en una ciudad en el país de uno se reconocería por adelantado como una metedura de pata pata catastrófica; diez bombas en diez ciudades se-

rían un desastre *más* allá de la historia, y un centenar de bombas en un centenar de ciudades resulta algo impensable.

MCGEORGE BUNDY, consejero de Seguridad Na
cional de los presidentes Kennedy y Johnson, «Po
ner una cápsula al volcán», *Foreign Affairs* octu
bre de 1969, 9-10.

Véase asimismo, *Danger and survival: choices about the bomb in the first fifty years* (Nueva York-Random House, 1988).

Capítulo XVIII

¿QUE CLASE DE ARMAS? ESTRUCTURAS DE FUERZAS ESTRATÉGICAS

¡Vigila el día en que el cielo tenga una humareda manifiesta que envolverá a los hombres! Dirán: ¡Señor nuestro! ¡Aparta de nosotros el tormento! ¡Nosotros creemos!

El Corán, XLIV, 9-11, traducción española del Dr. Juan Vernet, Plaza y Janes S. A., Editores, Barcelona, 1980, col. «Obras Perennes».

En los sistemas de armas estratégicas, a menudo la tecnología deriva de la doctrina, más que viceversa. Cuando se hace Posible crear nuevos medios de destruir o intimidar a un enemigo potencial, los estrategas están en seguida dispuestos a encontrar razones apremiantes respecto de por qué las nuevas armas se necesitan con urgencia, sin importar lo letal o efectivo que puedan ser las armas[s] existentes. Pero la nación adversaria posee asimismo científicos y estrategas. Por lo tanto, con frecuancia, la nación que efectúa la innovación tiene sólo una ventaja militar mornentánea, hasta que el otro lado lo consigue también; luego, con gran coste, se encuentran de nuevo en el mismo lugar en que empezaron, sin que ninguna de ambas partes posea algo parecido a una ventaja militar decisiva, excepto que el mundo se ha convertido, en la actualidad, a causa de los nuevos sistemas de armas, en un lugar mucho más peligroso.

Además, cada nuevo sistema de armas reclama imperiosamente convertirse en un blanco por las armas adicionales de la otra parte, lo cual conduce a una abrumadura carrera de armamentos.

El armamento y la evolución de las estructuras de fuerza se ven impulsados, principalmente, por fines a corto plazo. Las implicaciones a largo plazo se nos dejan a nosotros para que nos preocupemos al respecto. Pero, en una nación prudente, los arsenales reflejarían el propósito nacional para los que están previstos, y que incluye a un tiempo objetivos a corto y a largo plazo. He aquí una declaración típica a este respecto:

> El objetivo fundamental de las fuerzas estratégicas estadounidenses durante el período McNamara, y desde entonces ha sido disuadir de un ataque nuclear contra los Estados Unidos y sus aliados, a través del mantenimiento de fuerzas nucleares que puedan incluso soslayar un ataque por sorpresa total por parte de la Unión Soviética y ser aún capaces de realizar una abrumadura represalia (ref. 18.1).

Al perseguir este objetivo, y el equivalente de la Unión Soviética, tanto Estados Unidos como la URSS han acumulado casi 60.000 armas nucleares y, en el proceso, han puesto en riesgo nuestra civilización. Irónicamente, este fin puede lograrse con fuerzas muy pequeñas, si son de la clase adecuada.

Ya hemos subrayado que sólo los centros de 100 ciudades o 100 instalaciones petroleras en llamas pueden ser suricientes para provocar un invierno nuclear. No serían en absoluto necesarias todas las armas nucleares para que una guerra tuviese que llevarse a cabo en un régimen de suficiencia mínima, y no todas las que se empleasen explotarían sobre las ciudades. Si nos tomamos en serio el deseo de conseguir un mundo tan seguro que ni siquiera la conspiración de unos locos que tengan el control de las naciones-Estados armados nuclearmente, pudiesen generar un invierno nuclear nominal, en ese caso e l número total de armas nucleares en el mundo tendría que ser muy pequeño, tal vez de menos de 100.

Pero el número de 100 ciudades o (especialmente; instalaciones petroleras en llamas, es obviamente inexacto. Existen numerosas incertidumbres. La potencia explosiva es una, pues-

to que unas explosiones aéreas de bajo poder explosivo harían arder más de una ciudad que una explosión aérea de baja potencia. No todos los blancos estratégicos serán ciudades o instalaciones petrolíferas. Ni todas las ojivas nucleares alcanzarán sus blancos, a causa de su imperfecta puntería, fallos tecnológicos, o defensas terminales. Algunas armas pueden ser retenidas para los propósitos de una futura negociación o coerción. También el tiempo es a veces caprichoso. No podemos prever de antemano la estación en que se hará la guerra. Éstas y otras incertidumbres perfilan *grosso modo* el por qué cualquier estimación de dónde se encuentre el «umbral» del invierno nuclear resulta impreciso.

Si, de todos modos, estimamos, aunque sea aproximadamente, dónde se halla ese umbral —y las apuestas son tal elevadas que resulta esencial tener alguna idea de la respuesta—, debemos asimismo equilibrar nuestro deseo de conseguir una fuerza lo suficientemente grande como para satisfacer las demandas de la disuasión. Hemos tratado de especificar ese umbral con la mayor cautela (capítulo VII). Asimismo, hemos sido muy cautelosos en que las más pequeñas profundidades ópticas pueden de todos modos, provocar perturbaciones importantes en la agricultura (clase II de invierno nuclear). Nuestro mejor esfuerzo para lograr semejante equilibrio nos conduce a prever un régimen de disuasión de suficiencia mínima, en que los Es-tados Unidos y la Unión Soviética tengan unas 100 ojivas nucleares cada uno, con el resto del mundo poseyendo, como máximo, un número igual. Pero no podemos estar seguros. Tenemos una mayor confianza en que 1.000 ojivas nucleares, por cada parte, es[s] demasiado para impedir el invierno nuclear; y de que, 10 por cada bando, por lo menos desde el punto de vista de muchos, es demasiado poco para la disuasión (ref. 18.2). Un mundo con cero armas nucleares —donde la disuasión estratégica es perfecta, la disuasión ampliada nula y la probabilidad de un invierno nuclear cero—, es un asunto muy diferente, del que trataremos después.

Vamos a discutir brevemente la posible naturaleza de las fuerzas MSD; al principio desde un punto de vista puramente técnico, es decir, ignorando las consecuencias económicas, psi-cológicas y políticas de una continuada carrera de armamentos, incluso si esa carrera de armamentos estuviese dedicada a unas nuevas armas, previstas para asegurar la más estable disuasión

mínima alcanzable. Los tipos de fuerzas estratégicas invulnerables que tenemos en mente, podrían ser desplegadas de una o más formas. Los sistemas de lanzamiento de ojivas nucleares simples se consideran, en cada uno de los casos, como las más estabilizadoras. En un régimen así, un misil ofensivo puede, en principio, destruir, *como máximo,* una ojiva nuclear del contrario. En contraste, en el actual régimen estratégico, con 10 misiles con ojivas nucleares, un solo misil ofensivo puede, en principio, destruir hasta 100 ojivas nucleares del contrario (10 x *10:* diez ojivas nucleares lanzadas por un solo misil, con cada ojiva destruyendo diez ojivas en cada misil sin lanzar del adversario. Descontando los errores en el blanco, 50 es un número más probable que 100). Ésta es la razón de que el despliegue de los MIRV (Vehículos de reentrada con múltiples blancos independientes, con cada vehículo de reentrada capaz de transportar su propia arma nuclear), está lleno de peligros en una época de alta tensión. Atacar las ojivas nucleares de ia otra parte mientras se encuentran aún en el suelo, aconsejan los MIRV, antes de que éstos puedan destruir tus ciudades. Los MIRV están a favor de atacar los primeros. Los MIRV apartan a los estrategas de las *reducciones* de armamentos y los impulsan hacia la carrera armamentística. Los MIRV constituyen un error.

Hubo toda una serie compleja de imperativos que condujeron a la introducción por los estadounidenses de los misiles MIRV: erróneas preocupaciones acerca de que los soviéticos pudiesen desarrollar una defensa efectiva contra los misiles balísticos, que necesitaban ser compensados con muchas *más* ojivas nucleares; política doméstica, en la que un secretario de Defensa tenía que encontrar una carnaza para los halcones; la utilidad de los MIRV como una «coacción» para llevar a los soviéticos a la mesa de las negociaciones del control de armamento o —algo más bien diferente— los MIRV como un paso importante en el forcejeo sin fin de elegir como blanco cualquier potencial activo para hacer la guerra por parte de la Unión Soviética; el avance y promoción llevado a cabo entre los militares y la industria de defensa; una manera de ahorrar los dólares difícilmente ganados por el contribuyente; y al menos, a corto plazo, la excitación de realizar grandes desarrollos tecnológicos, y el amor al país (ref. 18.3).

El hecho de que los MIRV desestabilicen la relación estraté-

gica, al proporcionar poderosos incentivos para asestar el primer golpe, parece no haber sido seriamente contemplado por nadie de la multitud de tomadores de decisiones implicados, aunque, desde el despliegue, se han expresado los suficientes recelos y prudentes nostalgias (por ejemplo por parte del ex secretario *de* Estado, Henry Kissinger) respecto de los viejos buenos tiempos en que cada misil sólo tenía una ojiva nuclear. Ni tampoco conocemos ninguna reluctancia por parte de los soviéticos, quienes, después del paso dado por los estadouniden-ses, rápidamente hicieron avanzar las investigaciones y su programa de desarrollo, que llevarían a sus propios misiles MIRV. Incluso hoy, casi todo nuevo sistema de misiles balísticos, en el proceso de ser desplegados por Estados Unidos y la Unión Soviética (por ejemplo, MX y SS-24), se basan fuertemente en los MIRV (ref. 18.4). La historia de los MIRV constituye una buena lección de cualquier tendencia oportunista y autopropulsiva —del todo ciega a las consecuencias a largo plazo— en la carrera de armamentos nucleares.

El simplemente recortar los arsenales por ambos lados, aunque se incrementen los MIRV en los misiles remanentes, podría hacer decrecer la estabilidad de la crisis; y, aunque esta contención resulta controvertida, algunos analistas razonan que el tratado START, tal y como se discutió en los mismos fines de los años 1980, tenía en realidad una propiedad indeseable (ref. 18.5) y podría incrementar los incentivos para asestar el primer golpe. Esta posibilidad estimula el debate: ¿Es el decrecimiento en la estabilidad de semejante tratado START algo ceptable a causa de que su inercia continuada proporciona Posibilidades de posteriores controles de armamentos? ¿O cual-quier tratado que haga disminuir la estabilidad, constituye algo peor que ningún tratado en absoluto? ¿Cómo equilibraremos los objetivos a corto y a largo plazo? Pero aquí, especialmente con los enormes arsenales residuales incluso después de aplicar el START, el invierno nuclear acude al rescate, al hacer ver que tsles primeros golpes son suicidas. El invierno nuclear funciona en el sentido de hacer disminuir la inestabilidad de la crisis. No obstante, en lo que se refiere a la estabilidad estratégica a largo palzo, un importante primer golpe podría ser contra los arsenales MIRV, y esto puede representar el punto de mira del START II

Una fuerza estable MSD debería comprender:

1) ICMB en silos, de una sola ojiva.

2) Misiles terrestres móviles con una sola ojiva nuclear. El Midgetam, planeado por Estados Unidos, es un paradigma de un sistema de este tipo, en el que se combina la movilidad con una fuerza sustancial —inmunidad al impacto— para asegurar la supervivencia. (El SS-25 soviético enfoca el paradigma, pero con una dureza mucho más limitada.) Los despliegues sobre lanzadores móviles por carretera, vagones de ferrocarril o entre búnqueres múltipies, resultan también posibles. Sin embargo, en especial en las democracias, la idea de misiles con armas nucleares de lanzamiento rápido, atestando las autopistas y las vías férreas, ya se sabe que ha provocado la consternación, la protesta e incluso la acción política.

3) Bases en profundos lugares subterráneos. Esto colocaría a los misiles de represalia en búnqueres subterráneos mucho más profundos que cualquier silo normal, con gran estructura de hormigón contra cualquier posible ataque nuclear. Se excavarían túneles y pozos hasta la superficie cuando se necesitasen para lanzar los misiles. Sin embargo, existen problemas con esta tecnología, aún en sus primeros estadios de desarrollo (ref. 18.6).

4) Submarinos pequeños, con un misil, o unos cuan tos, balístico MIRV (ref. 18.7). Podrían patrullar no lejos de sus costas nacionales, ocultándose en aguas profundas tras la plataforma continental. Serían compactos y silen ciosos, e incluso menos detectables que los modernos sub marinos estratégicos. No se conocen o prevén tecnologías que lleguen a hacer visibles a los submarinos que se en cuentren en las profundidades oceánicas. Pero, aunque éstos pudiesen llegar a ser visibles, todavía seguirían go zando, más o menos, de la misma protección a causa de su movilidad, como ocurre en los sistemas en tierra que se mueven por carretera o por ferrocarril. Y, cosa improba ble hasta hoy, ninguna arrogante tripulación de submarino podría por sí misma iniciar el invierno nuclear.

Con estructuras de fuerzas de esta clase por ambas partes, la. disuasión nuclear sería invulnerable a un primer golpe o a la apropiación por fuerzas contrarias. La estabilidad estratégica

sería robusta. En tal régimen MSD, los inventarios de misiles quedaría, *grosso modo,* equilibrados. En ese caso, sólo está disponible una ojiva nuclear contra cada ojiva contraria. Pero, de acuerdo con las matemáticas de la supervivencia de las armas, la imperfecta exactitud de los misiles y la dureza de los blancos, implica que, más o menos, se necesitarían dos (o más) ojivas (de promedio) para garantizar la destrucción de un solo misil contrario. Ningún lado tendría suficientes ojivas nuclea-res para preparar un primer golpe con éxito. Imaginémonos un mundo en que ningún arma nuclear pudiese ocultarse de un ataque potencial, y donde los arsenales de ambos bandos sean estáticos, esencialmente del tipo MIRV, e iguales. En ese caso, se podría lanzar un primer ataque en que cada dos de las ojivas nucleares destruyesen, por ejemplo, diez de las ojivas del adversario. Por lo tanto, se podría decidir que existe cierta ventaja en una crisis al desencadenar un masivo primer ataque. Pero si, por el contrario, los arsenales son estáticos, tipo MIRV, e iguales, habría que gastar dos ojivas para destruir una de las del adversario. Si, finalmente, los arsenales son móviles (u ocultos), tipo MIRV e iguales, en ese caso habría que gastar más de dos —incluso muchas más— ojivas para destruir una del adversario. Si se lanza un masivo primer ataque, habría que emplear todas las ojivas nucleares, aunque dejando tras esto al otro lado la mitad o más de su arsenal, que podrían realizar una represalia contra las ciudades propias. En esta circunstancia, resulta fácil reconocer de antemano que un primer golpe sería tan estúpido como criminal. La estructura de fuerzas MIRV le disuade a uno.

Además, es altamente improbable que un gran avance tecnológico permita conseguir una gran ventaja a cualquiera de los dos bandos. Incluso con una perfecta vigilancia y seguridad, un misil destruiría solo unaojiva nuclear. La diversificación de los sistemas de armas y la implantación —la cual es posible— adelante), reduciría aún más la vulnerabilidad.

Las comunicaciones, el comando y el control (C^3) de las fuerzas MSD podrían ser mucho más sencillas y mucho más robustas que las más usuales fuerzas estratégicas o tácticas. Los misiles móviles tendrían enlaces más fuertes en las comunicaciones por radio directas contra las ondas electromagnéticas que destrozan la electrónica (EMP), y que emanan de las explo-

siones aéreas de un arma nuclear. Las comunicaciones con los submarinos que patrullen una pequeña región de los océanos adyacentes a una nación dada, son también más simples y seguras que las comunicaciones a nivel mundial con los submarinos estratégicos de mucho mayor radio de acción. Los llamados golpes de decapitación contra los dirigentes nacionales militares y civiles son menos probables cuando C^3 es más robusto Cualquier lanzamiento de misiles sin advertencia o autorización representaría, en un sentido absoluto, algo menor que una catástrofe importante.

Por todas estas razones, la suficiencia mínima parece una respuesta mucho más segura (así como más económica) a los peligros del invierno nuclear que la alternativa militar factible: la conversión de los arsenales estratégicos mundiales en armas nucleares de una precisión mucho mayor y de una fuerza explosiva mucho más baja. (Véase recuadro. Para una breve discusión de la defensa estratégica, como una alternativa mucho menos factible, véase más adelante.)

Existen otros que han propuesto una mezcla de fuerzas MSD: por ejemplo, Feiveson, Ullman y Von Hippel (ref. 18.8), quienes sugieren 2.000 ojivas nucleares por cada lado, distribuidas en 1.000 en bombarderos de gran radio de acción, 500 en submarinos con misiles balísticos y 500 en ICBM y misiles de crucero. Proponen, al igual que nosotros, eliminar todas las armas nucleares tácticas y de campaña. Durante muchos años, el prolífico físico y diseñador de armas estadounidense Richard Garwin ha pedido que hubiese un MSD de unas 1.000 ojivas nucleares por cada bando. Sugiere (ref. 18.9) una fuerza de Estados Unidos compuesta por «400 ojivas nucleares en forma de pequeños ICBM de una sola ojiva nuclear en silos blandos (vulnerables); 400 ojivas distribuidas entre 50 submarinos pequeños y 200 ojivas transportadas pro 100 aviones como misiles de crucero lanzados por aire, dos por avión». Nosotros indicamos más abajo nuestras reservas acerca de los bombarderos y misiles de crucero. Garwin subraya que le debería estar permitido a cada lado seleccionar la estructura de fuerzas, lo cual, en su opinión, promueve una mayor estabilidad (ref. 18.10). Todas estas primitivas propuestas de un régimen MSD se han realizado, principalmente, sin considerar los efectos instantáneos una guerra nuclear con decenas de millares de ojivas, una preocupación que exacerba en extremo el invierno nuclear, lo cual

nos lleva a abogar por unos arsenales aún más reducidos, con (véase más adelante) una diferente mezcla estratégica. También ha ido emanando desde la Unión Soviética (véase recuadro) una prometedora y productiva serie de proposiciones acerca de lo que constituye la suficiencia mínima y cómo conseguirla.

Pero semejante reconfiguración de las actuales fuerzas estratégicas de los Estados Unidos, la Unión Soviética y, necesariamente, las potencias nucleares menores, presenta muchos escollos. Por una parte, si estas pautas propuestas siguen los procedimientos habituales, el MSD podría ser muy costoso. El pleno desarrollo a nivel mundial de esta tecnología costaría centenares de miles de dólares. Resulta perfectamente posible imaginar una fuerza estratégica que fuese una fracción del tamaño de la actual y que costase lo mismo que las fuerzas actuales (véase, por ejemplo, Alexander H. Flax, en ref. 9.7). El ingenio de los diseñadores y fabricantes de sistemas de armas nucleares se halla preparado para este desafío. Naturalmente, si se estabilizase la carrera de armamentos y se previniese la guerra nuclear, se trataría de un dinero muy bien gastado. Además, el coste sería *modesto* si se le compara con los sistemas estratégicos a los que remplaza. Por ejemplo, costaría aproximadamente 20 mil millones de dólares el comprar 10 submarinos medios *(midget)* con unos cuantos misiles MIRV cada uno, más el reaprovechamiento de 100 Minuteman ICBM como MIRV. El precio de coste es comparable a los costes *anuales* de personal, instalaciones e infraestructura para el actual arsenal nuclear estadounidense. Representaría un 1% del costo del sistema de la guerra de las galaxias propuesto a escala continental, y el 10% de los costos de las «modernizaciones» planeadas de las fuerzas estratégicas y tácticas, todo lo cual el régimen MSD convierte en innecesario. Los costes también se reducirían al unir el desarrollo de la nueva tecnología por parte de Estados Unidos y la Unión Soviética, aunque esto parece impracticable por causas muy diversas.

Sin embargo, el problema principal en lo que se refiere al desarrollo de nuevos sistemas de armas para lograr el MSD no es el coste, sino el hecho de que mantiene en marcha la carrera armamentística. Mantiene, en ambos bandos, la motivación para desarrollar nuevas armas nucleares y sistemas de lanzamiento. En vez de alentar la disminución de las instalaciones de producción de armas, apoya los establecimientos de laborato-

ríos de armas militares/industriales/gubernamentales, que son los que han impulsado en primer lugar la carrera de arrnamentos nucleares. Desvía significativos recursos fiscales e intelectuales, que resultarían necesarios para recomponer las dolientes economías estadounidense y soviética. Y plantea difíciles temas en lo referente a la verificación: por ejemplo, para determinar qué armas permitidas y no permitidas se desarrollan o fabrican en una instalación determinada. Cuanto menores sistemas de armas se introduzcan, más fácil resultará el comprobar el cumplimiento del tratado. Ésta fue una de las justificaciones originales de las propuestas de congelación nuclear realizadas a principio de los años 1980. Esto es lo que nos lleva a lo que creemos que es un tema importante y que desempeña un papel en la búsqueda del enfoque más optimista para el MSD; ¿Existe una manera de eliminar los MIRV sin desmantelar todos los sistemas de lanzamiento existentes y remplazados con una serie completamente nueva de sistemas de lanzamiento?

El arsenal de Estados Unidos incluye aún 450 lanzadoras de Minuteman II, cada una de ellas armadas con una sola ojiva nuclear, cada una provista del alcance máximo de todos los misiles balísticos estadounidenses con base en tierra (ref. 8.1); se dice que la Unión Soviética tiene unos 100 SS-25 móviles con una sola ojiva nuclear, unos 60 SS-13 (Mod. 2) de una sola ojiva nuclear y cierto número de SS-11 también con una única ojiva (ref. 18.11). Además, 540 Minutemen II y 138 SS-127 tienen una triple MIRV. Así, podemos ver la remota posibilidad de que, en vez de construir unos arsenales completamente nuevos de armas nucleares con base en tierra, se mantuvieran y restauraran los misiles balísticos intercontinentales de una sola ojiva nuclear, y se eliminara la multiplicidad de algunos MIRV que sólo son ligeramente múltiples. El resto del arsenal debería destruirse. Habría que excluir el aprovechar los MX o SS-18 para un régimen de suficiencia mínima, precisamente a causa de sus grandes cargas explosivas o de lanzamiento de cargas que permitiría volver a aprovechar clandestinamente los MIRV (*) Dado que los inventarios de ambas partes son ya tan amplios y variados, existirían amplias oportunidades de mezclar los siste-

(*) Aunque se han sugerido protocolos para impedir la utilización los MIRV (por ejemplo, Robert Moaley, en Von Hippel y Sagdeer, ref. 19.20).

mas de armas ICBM y aún permanecer por debajo de los límites de un invierno nuclear bajo la Suficiencia Mínima. Siempre existirá además la posibilidad de mejoras en la exactitud, y que puedan desarrollar nuevas capacidades, como la taladradora para atacar puestos de mandos profundamente enterrados, refugios para dirigentes y sistemas de armas. Semejantes propiedades deberían declararse de antemano en un régimen MSD. Pero si lo que importa no es sólo conseguir un MSD, sino también detener la carrera de armamentos, parte de la multitud de misiles estratégicos existentes, cada uno de ellos mantenido o reducido a una sola ojiva nuclear, podría considerarse que son adecuados.

La disparidad entre la realidad y el ideal de una sola ojiva nuclear para cada sistema estratégico de lanzamiento, es de lo más grande en lo que se refiere a los submarinos de misiles balísticos. Están equipados con tubos montados verticalmente en los que se encajan los misiles balísticos MIRV. El *Poseidón* estadounidense posee 16 tubos de misiles. Por lo tanto, los *Poseidón,* equipados con diez veces más misiles MIRV C-3, equivalen a 16 x 10 = 160 ojivas nucleares. Los que llevan misiles C-4 tienen sólo 16x9= 128 ojivas nucleares. El submarino *Trident* con misiles C-4 lleva 16x 12 = 192 ojivas nucleares. El *Trident* D-4 puede llevar 16 x 14 = 224 ojivas nucleares de gran precisión. (No todas las lanzadoras albergan ojivas nucleares; algunos contienen, por ejemplo, ayudas para las comunicaciones o satélites de navegación.) Por lo general, el arsenal estadounidense comprende 36 de tales submarinos. Por el lado soviético, el número de ojivas nucleares por submarino varía entre 16 para el *Yanqui I,* con 16 SS-N-6 misiles de una sola ojiva nuclear, hasta los submarinos de clase *Tifón,* cada uno de ellos tal vez con 180 ojivas nucleares (ref. 18.11). En conjunto, la flota soviética de submarinos con misiles balísticos incluye unos 60 submarinos, pero con una fracción mucho más pequeña de los mismos en el mar, en un momento dado, que lo que constituye la práctica en la flota estadounidense de submarinos (*).

(*) Detengámonos un momento para pensar de nuevo en esto: un solo submarino es capaz de destruir algo así como 200 ciudades, cada una de ellas llena de hombres, mujeres y niños. Ahora mismo, en este instante, los océanos de la Tierra son surcados por docenas de tales submarinos, cada uno controlado por unos cuantos oficiales navales con unos poderes parecidos a los de Zeus: la vida y la muerte sobre decenas de millones de personas, o más.

La noción de adoptar un sistema de armas que sea capaz de destruir de 150 a 200 «blancos» y reducir su capacidad a sólo unos cuantos «blancos» parece, sobre unas bases simplemente militares, constituir un significativo desperdicio de recursos (ref. 18.12). Pero la auténtica pregunta, según nos parece a nosotros, es ésta: ¿lograr un régimen MSD es de un coste más significativo que constituir una nueva flota de minisubmarinos o emplear la ya existente flota de submarinos con misiles balísticos? Puesto que tales submarinos son intrínsecamente mucho menos vulnerables de atacar que los misiles con base en tierra, aún sería algo estabilizador el permitir unas cuantas ojivas nucleares por submarino (no demasiadas, para que sus visitas a puerto no ofreciesen una irresistible tentación para desencadenar una crisis), más bien que una sola, dado que existen procedimientos a prueba de locos para hacer que la mayoría de los tubos lanzadores de misiles no fuesen operativos, y para asegurarse que seguirían de esta manera. Los métodos propuestos incluyen rellenar y sellar cierto número de los tubos lanzadores o cortar un segmento de la sección del lanzador fuera del casco; para mantener la invulnerabilidad de tales submarinos, también se deberían imponer restricciones para las prácticas de guerra de tipo antisubmarino en tiempos de paz (ref. 18.8).

Los bombarderos estratégicos han sido diseñados para transportar grandes cargas de armas nucleares: hasta 28 ojivas en una mezcla de bombas de gravedad, misiles de corto alcance y misiles de crucero de amplio radio lanzados desde el aire. La conversión de un bombardero B-1 o B-2 para que lleve una sola ojiva nuclear, o unas pocas, de nuevo parece algo ineficiente en lo que se refiere a los costes, y tales bombarderos no tienen nada parecido a la invulnerabilidad de los submarinos de misiles balísticos. Además, a causa de que los bombarderos estratégicos pueden despegar de muchas bases aéreas importantes (en la Unión Soviética se han estimado unas 500 [ref. 8.4]) y pueden desviarse a numerosos aeródromos secundarios, la existencia de fuerzas aéreas estratégicas por un lado provee de una justificación para unas mayores fuerzas nucleares de ataque en ei otro bando. Además, muchos de los aeropuertos adecuados para los bombarderos estratégicos se encuentran en o cerca de las ciudades, lo cual hace particularmente peligrosos a esto> sistemas de armamento, dentro del contexto de un invierno nuclear (ref. 18.13). Por lo tanto, un régimen MSD sería poco con-

sistente con las armas de bombarderos de la tríada estratégica (misiles con base en tierra, misiles en submarinos, aviones). En contraste, los misiles balísticos submarinos en sus estaciones son mucho menos vulnerables al ataque, tanto en la actualidad como en un previsible futuro, y ningún ataque contra los submarinos en el mar —a lo menos por cuanto podemos considerar—- podría realizar ninguna contribución apreciable al invierno nuclear: incluso una barrera de explosiones nucleares no levantaría ningún tipo de hollín del agua del mar. (En los submarinos de misiles balísticos en puerto —la estancia normal en el mar de los estadounidenses es de unos 60 días — pondría en riesgo a algunas ciudades costeras.) Por esta combinación de razones, creemos que deberían dedicarse unas serias consideraciones a un régimen MSD para, al fin, acabar con los bombarderos estratégicos nucleares y sus bombas y misiles de crucero. Se ha discutido a altos niveles, desde la Administración Eisenhower, el que los bombarderos son, según diversos criterios, mucho menos efectivos que los ICBM como sistemas de lanzamiento de armas estratégicas, aunque, en Estados Unidos se han emprendido unos denodados esfuerzos, llevados hasta extraordinarias extensiones para justificar, desarrollar y desplegar nuevos bombarderos estratégicos, a pesar de los deseos de por lo menos, dos presidentes (ref. 17.19). Entre las justificaciones aducidas (véase recuadro) se halla el hecho de que, comparados con los misiles, los bombarderos vuelan despacio; en efecto, el B-2 viaja sólo tan de prisa como un avión subsónico de líneas aéreas. Esto, según se dice, sirve para pensar dos veces acerca de la guerra nuclear en una crisis internacional. La presencia de tripulaciones humanas a bordo de los bombarderos, pero no a bordo de los misiles, se cita asimismo como una ventaja por aquellos que, comprensiblemente, se muestran cautos respecto de confiar toda la civilización global al juicio de los robots. Pero las tripulaciones de los lanzamientos por silo y por submarino no son menos humanas y, en un régimen MSD —a causa de que no existe una ventaja estratégica en un primer gol-Pe-- existe mucho tiempo para considerar cuidadosamente cualquier crisis antes de recurrir a los misiles. La única justificación que compele a los bombarderos estratégicos tripulados sería gozar de una protección contra la posibilidad de que los misiles —la mayoría de los misiles, todos los misiles— no funcionasen. Si ésta fuese una posibilidad, en realidad nos habla

del sistemático desperdicio, la incompetencia y la cobertura criminal a una escala tan escalofriante que creemos poder, de una manera segura, rechazarla. (Las pruebas de misiles sobre trayectorias balísticas y el índice de éxitos de, más o menos, un¡ 90% en el lanzamiento de vehículos interplanetarios espaciales por parte de ambas superpotencias, proporciona apoyo a este juicio.) Por lo tanto, las justificaciones de los bombarderos estratégicos parecen muy tenues.

Los misiles de crucero son vehículos sobre el suelo que utili-zan aire (no son impelidos por cohetes) y que pueden lanzarse desde tierra, desde aviones en el aire y desde barcos (incluyendo submarinos) en el mar. Puesto que poseen capacidad dual —pueden acomodar tanto ojivas convencionales como nucleares— plantean unos problemas particulares de comprobación, aunque no insuperables, y constituyeron una razón para que los avances en el tratado START no se anunciasen en la Cumbre de Moscú de 1988 ni en la Cumbre de Washington de 1990 (ref. 9.6). Abogamos por la abolición de los misiles de crucero con armamento nuclear, empleando cualesquiera medidas de verificación que puedan ser necesarias. Los misiles de crucero armados de una manera convencional —como los franceses *Exocet,* que avanzan a una altura de 3 m por encima del agua, y utilizados con éxito por Argentina para hundir el destructor británico *Sheffield,* en la guerra de las Malvinas (ref. 18.14)—plantean un peligro adicional, dado que en un tiempo de crisis pueden rearmarse con ojivas nucleares. Los enfoques de este problema incluyen inspección de todos los misiles de crucero, denominaciones, sellado, controles de inventarios de armas y prohibiciones a nivel global. La ex astronauta Sally Ride y sus colegas han diseñado un método para la eliminación de todos los misiles de crucero con armamento nuclear y lanzados desde el mar, y han dado razones respecto de su opinión de que el alcanzar un tratado apropiadamente diseñado para los misiles de crucero sería muy difícil de lograr (ref. 18.15).

En el contexto de un invierno nuclear resulta importante la potencia o energía explosiva de un arma nuclear: una explosión de 1 a 10 kilotones puede incendiar un barrio grande; ciudades de tamaño moderado como Hiroshima y Nagasaki se incendiaron por ojivas de 10 a 20 kilotones. Una explosión de 1 megatón es suficiente para hacer arder una gran metrópolis (véase frontispicio). Esto sugiere la posible importancia de poner límites al

poder explosivo. Las modernas armas nucleares encierran una enorme potencia explosiva en un volumen muy pequeño; grandes incrementos en la fuerza explosiva se logran con unos sor-prendentes pequeños incrementos en el peso. Para los blancos de contra fuerza, un misil de gran exactitud no requiere una ojiva de alto poder explosivo para destruir su objetivo. Ésta es una razón para la tendencia durante la última década, o las dos últimas (especialmente en el arsenal estadounidense), hacia potencias explosivas menores por ojiva (una tendencia que en la actualidad se ha invertido). Pero cuanto más duro sea el silo del misil, más grande ha de ser la potencia explosiva (o la puntería o la capacidad taladradora) requerida para destruir el objetivo. Limitar la fuerza explosiva, si queremos seriamente alcanzarla, puede necesitar la inspección de todas las ojivas nucleares desplegadas. Pero los peligros que la verificación pretende evitar resultan tan extraordinarios que las medidas de comprobación ciertamente tendrán que ser asimismo extraordinarias.

En resumen, un enfoque técnicamente óptimo para configurar una fuerza de disuasión de un mínimo suficiente consiste en detener el crecimiento de los arsenales nucleares actuales, eliminar los sistemas en activo y poner en marcha, por el contrario, un abanico de sistemas estratégicos MSD, cada uno de ellos con una ojiva nuclear. Esta solución, aunque costosa, sería mucho menos cara que los programas de «modernización» de armas actuales y, si se organiza de una manera apropiada, puede también resolver el problema central de acabar con la carrera de armamentos, al definir una configuración final asintótica de fuerzas y niveles de fuerzas relacionados con la disuasión estratégica. También deben prestarse serias consideraciones a hacer desaparecer la múltiple capacidad de los MIRV (regresar a las ojivas individuales) en los componentes relacionados con las fuerzas estratégicas existentes, incluyendo los misiles balísticos lanzados desde tierra y desde submarinos. La eliminación de los bombarderos estratégicos, que son particularmente inefectivos en un régimen MSD, tendría sentido en cualquier caso (ref. 18.16). Teniendo en cuenta que las lanzadoras actuales serían reaprovechadas, tal vez de manera trasitoria, la mezcla de fuerzas resultante sería, tanto en alcance como en exactitud, algo menos óptimamente destructiva, pero, en un

régimen MSD estable, esto difícilmente constituiría una incapacidad significativa. En cualquier caso, se necesitaríauna gran prudencia y una mutua (finalmente multilateral) resttricción para impedir que la transición a un régimen MSD se convirtiera desde el principio en un nuevo tipo de carrera armamentística (ref. 18.17).

¿PUEDE EL INVIERNO NUCLEAR HACER MAS PROBABLE LA GUERRA NUCLEAR?

En ocasiones se plantea la objeción —más a menudo de lo que cabría pensar— de que el invierno nuclear hace más probable una «pequeña» guerra nuclear, al sugerir que lo peor podría evitarse si los efectos climáticos resultasen mínimos. Tenemos dificultades para seguir este razonamiento, dado que:

a) Si las naciones estaban ya disuadidas de la guerra nuclear antes del descubrimiento del invierno nuclear, deberían (si las otras cosas permaneciesen igual) estar aún hoy disuadidas con mayor fuerza; y

b) La probabilidad *de* que una guerra «pequeña» quedase contenida y *no* realizase una escalada hasta un intercambio estratégico central y provocar un invierno nuclear, constituye algo demasiado importante como para arriesgarse a ello (reí. 9.3).

Una variante coherente del argumento apunta a que el invierno nuclear impulsaría los arsenales a una estructura de fuerzas muy diferente, y *entonces* podría lucharse «de manera segura» en una guerra nuclear a gran escala. Por ejemplo:

> ...si los efectos de un invierno nuclear se supusieran de forma real y significativa en sus implicaciones políticas, simplemente impulsarían a los Estados Unidos v la Unión Soviética en la dirección de una incrementada precisión de unas armas de un menor poder explosivo. de un modo más rápido de como lo hacían ya en este sentido. El resultado final de todo ello podría ser hacer aparecer la guerra nuclear mucho más aceptable y controlable de lo que ahora aparenta ser y de una

manera engañosamente similar a las pasadas guerras. [Michael F. Altfeld y Stephen J. Cimbala, «Buscando blancos para un invierno nuclear: ensayo especulativo», *Parameters: Journal of the U. S. Army War College 15 (3),* 1985, págs. *8-15.]*

Pero si tales sistemas de armas nucleares «utilizables» coexisten con los «inutilizables» (a causa del invierno nuclear), el resultado sería un inestable equilibrio estratégico (cf. ref. 2.3 y capítulo IX). Compárense, en este caso, los peligros de un plan así —del que *son* partidarios algunos militares— para las reestructuraciones de fuerzas en respuesta al invierno nuclear con los peligros de una disuasión mínima suficiente. Si los arsenales actuales deben ser desmantelados casi por completo antes de que se introduzcan unos sistemas de bajo poder explosivo y gran exactitud, ¿por qué simplemente no detenerlos? Esto es la suficiencia mínima. Así se consigue.

DEBATE ACERCA DE LA SUFICIENCIA MÍNIMA DE LA URSS

La suficiencia mínima parece haber sido contemplada a altos niveles en la URSS, por lo menos desde la época del primer ministro Nikita Jruschov (por ejemplo, Alexandr Yanov, «Una evitable carrera de 20 años», *New York Times,* 10 de octubre de 1984). Pero se ha considerado con más calor sólo a mediados de los años 1980. El presidente Gorbachov pidió al físico y científico espacial, R. Z. Sagdeiev que llevara a cabo un estudio para determinar el tamaño de MSD que se adecuara con la seguridad nacional soviética. El informe Sagdeiev recomendó un nivel de fuerza de menos del 5% del actual arsenal estratégico soviético (Lee Dye, «Soviets seek spark to fire space goals», *Los Angeles Times,* 26 de julio de 1988, y Roald Segdeiev, comunicación privada), o, aproxima-damente, 500 armas.

Una fuerza igual de sencilla ha sido la propuesta por *los* científicos soviéticos (ref. 8.21 y A. A. Kokoshin, «Un punto de vista soviético en radicales recortes de armas», *Bulletin of the atomic Scientists,* marzo de 1988, 14-17): 500-600 ojivas

nucleares por cada lado, todo ello «con ICMB ligeros y de una sola ojiva, con alguna porción móvil de los mismos», expresan sus reservas acerca de los misiles balísticos submarinos a causa de los posibles problemas de mando y de control en una crisis. Con los SS-25 ICBM operativos desde 1985, semejante configuración de fuerzas MSD debería reducir la necesidad por parte de la URSS (pero no de Estados Unidos) para desarrollar nuevo *hardware* MSD. Tal vez esto tenga algo que ver con las malas interpretaciones soviéticas acerca de los submarinos bajo la suficiencia mínima. Pero el estacionar submarinos no lejos de la plataforma continental, como abogamos, mejora sobremanera la fiabilidad de las comunicaciones; y la disminuida vulnerabilidad de una disuasión bajo el agua tiende a eliminar cualesquiera imperfecciones residuales en mando y en control. El régimen MSD se considera como un paso intermedio, de una duración no especificada, entre algo parecido al START (30 al 75% de recortes en armas estratégicas) y una posterior abolición total de las armas nucleares.

Esta provocativa propuesta ha encendido un debate importante en la Unión Soviética, en el que han participado grupos de científicos, agentes del servicio exterior, oficiales militares y otros. (Véase, por ejemplo, Stephen Shenfield, «Disuasión nuclear mínima: el debate entre los analistas civiles soviéticos», Centro para el Desarrollo de la Política exterior, Universidad de Brown, noviembre de 1989.) La suficiencia es el foco de la discusión. Toda alternativa de los regímenes MSD propuestos implica arsenales de unas cuantas armas por cada lado; el debate es sobre todo acerca de qué sistemas de armas maximizan la estabilidad y cuánto énfasis hay que poner en las potencias nucleares de segunda clase. Un grupo de «jóvenes diplomáticos» creen que los misiles soviéticos con base en tierra no serían capaces de evadir los futuros reconocimientos estadounidenses por satélite, misiles guiados con precisión y bombarderos, lo cual, de ser cierto, resulta desestabilizador, porque, en una crisis, proporciona una incitación para un ataque preventivo por parte de los soviéticos o, por lo menos, un lanzamiento de advertencia de un ataque ya en camino; los diplomáticos optan, por el contrario, por una fuerza de submarinos MSD.

Otra área de debate incluye hasta qué punto la Unión Soviética puede llegar en el camino de una reducción unilateral de armas (dando por supuesto unos recalcitrantes Estados Unidos poco deseosos de realizar recortes profundos). El muy conocido comentarista político y ex oficial del partido

.Alexandr Bovin, se pregunta «si no nos habremos hipnotizado con un culto de la paridad» («Los lectores preguntan. El observador político de *Izvestia* responde», *Izvestia,* 16 de abril de 1987). Por lo menos, algunas de las preocupaciones a*cerca* de las reducciones unilaterales implicables por Shenfield -es decir, la vulnerabilidad ante un primer ataque de Estados Unidos— quedan dulcificados por el invierno nuclear.

Todo el tenor de esos debates sobre la suficiencia mínima parece, por lo menos, tan vigoroso e innovador como los que se están produciendo en Estados Unidos. Esto es verdad, a pesar del hecho de que «la ciencia soviética, tradicionalmen-te, ha sido, y sigue siendo más bien rígida y conservadora, reaccionando sólo con lentitud a los nuevos problemas críticos. Esta rigidez ha caracterizado la actitud de una parte considerable de la comunidad científica soviética respecto de los problemas de seguridad internacional». (Roald Sagdeiev, «Glasnost y el Nuevo Diario», *Science and global security 1* [1, 2], 1989, V-VI.) Presumiblemente, podemos esperar muchos nuevos pensamientos si la sociedad soviética sigue perdiendo su rigidez. ¿Tal vez sería una buena idea reunir a representantes de los diversos puntos de vista estadounidenses y soviéticos —en un seminario más bien informal— para comprobar si pueden establecerse progresos para elaborar su propio destino nuclear?

UNA APOLOGÍA DE LOS BOMBARDEROS ESTRATÉGICOS

[El general] Thomas D. White, jefe de Estado Mayor de la Fuerza Aérea... presentó la defensa de la Fuerza Aérea respecto del B-70 [el bombardero que se convirtió en el B-1B]: la nación no podía confiar por completo sólo en los misiles, ninguno de los cuales ha llegado a entrar en combate. Los misiles no pueden llamarse otra vez, como sí pueden los aviones. Los bombarderos pueden despegar y permanecer en el aire esperando órdenes, dando así al presidente un abanico de opciones en una crisis. Los bombarderos podrían complicar el problema al enemigo, forzándolo a defenderse contra varias clases de ataque. Finalmente, los bombarderos son

una demostración de que los militares tendrían un efecto psicológico muy poderoso tanto sobre los amigos como sobre los enemigos...

[Luego el presidente Dwight] Eisenhower dijo: «Estamos hablando de arcos y flechas en la época de las armas de fuego cuando hablamos de bombarderos en la época de los misiles.»

«Esto es una cuestión —imploró él [White]— que afecta a cuál va a ser el futuro de la Fuerza Aérea y de los vuelos. El cambio hacia [los misiles] tiene un gran efecto en la moral. Equivale, en realidad, a no seguir con los aviones para la lucha y no tener tampoco nuevas oportunidades para el personal de la Fuerza Aérea.»

En el momento en que el general White lamentaba el declive de la Fuerza Aérea, el servicio poseía 1.895 bombarderos, entre los que se incluían 243 B-52 nuevos de trinca, estando prevista la construcción de varios centenares más.

La Fuerza Aérea tenía el control sobre los tres sistemas ICBM con base en tierra.

El 11 de enero de 1960, el general White hizo circular la noticia de que haría volar al presidente en el avión B-70...

Eisenhower les dijo a los líderes republicanos: «Todos esos tipos del Pentágono creen que poseen algunas responsabilidades que yo no comprendo... Odio tener que emplear la palabra, pero este asunto está malditamente cerca de la traición.»

NICK KOTZ, *Wild Blue Yonder: Money, Politics and the B-l Bomber* (Nueva York: Pantheon Books, 1988), 34-36.

Capítulo XIX

¿COMO PODEMOS CONSEGUIR LA SUFICIENCIA MÍNIMA? ALGUNOS HITOS PRINCIPALES

Yol bolsun (Debe de haber un camino).

despedida tradicional entre los nómadas de lengua turca en los yermos desolados y sin caminos del Asia Central.

Imaginemos que, a trancas y barrancas, continúa la actual y discernible tendencia global. Imaginemos que Estados Unidos y la Unión Soviética convienen en seguir la senda hacia la suficiencia mínima. Tal vez no estén comprometidos a continuar Por ese camino. Tal vez deseen probar pequeños y seguros pasos para ver cómo están las cosas. Al principio, probablemente, los arsenales estratégicos queden recortados en una tercera parte o en la mitad, tal como se ha discutido en las conversaciones START, y las fuerzas convencionales en Europa serán más adelante reducidas, al menos, en parte, de modo unilateral. Se comprobarían los protocolos de verificación. Se reunirían los datos sobre las opiniones públicas acerca de la disminución de armas. Alguna fracción del incremento del presupuesto militar llegará a estar disponible para la economía civil y para

otras necesidades urgentes de la sociedad. Algunos científicos militares serán reciclados hacia la industria y el comercio. se realizarán algunos intentos —examinando una amenaza potencial o ante la presentación de algún incidente— para invertir la tendencia. En todo caso, si las reducciones de armas se llevan a cabo sin obstáculos significativos, se pondrán en marcha posteriores recortes. Otras naciones se unirán. El proceso puede comenzar a acelerarse.

Y, sin embargo, las desinversiones deben realizarse con sumo cuidado, para que ninguna nación, ni siquiera temporalmente, acumule una ventaja real o aparente. Por ejemplo, los planes de eliminación de MIRV deberán realizarse con una sincronización seguida y vigilada muy de cerca. Las inspecciones y verificaciones intrusivas resultan esenciales. Las desinversiones en armas estratégicas deberán verse acompañadas de destrucciones de armas tácticas y reducciones de fuerzas convencionales, especialmente en Europa. Hacia el final del proceso, se suscita un nuevo tema importante en lo referente a las defensas estratégicas terminales. Estos asuntos —todos ellos conectados con los estadios medios de las reducciones de armas hacia la suficiencia mínima—, constituirán el tema de este capítulo.

La verificación de un régimen MSD plantea dificultades especiales conectadas con el pequeño tamaño de las fuerzas (véase recuadro). Por ejemplo, si, nominalmente, existen sólo 100 misiles y ojivas nucleares por cada bando, en ese caso el engaño puede representar un peligro real. ¿Qué pasaría si, por ejemplo, 100 misiles adicionales pudieran ser ocultados en algún lugar del vasto territorio de la otra parte? El tema clave, no obstante, no es si las naciones pueden engañar, sino si podrían engañara una escala lo suficientemente grande para afectar el equilibrio estratégico.

Cada parte —a través de una total observación por satélite de las plantas industriales y los desplazamientos y otros asuntos— tiene hoy una muy buena idea de los inventarios de armas del otro. Cuando el tratado INF se puso en marcha, se presento por sí sola una oportunidad para comparar los inventarios actuales con lo que se había deducido de los datos de los servicios de inteligencia. La concordancia fue excelente para los mas grandes, de mayor radio de acción y más fácilmente detectable SS-20. (La lista soviética de los SS-23 de más corto radio de acción y los misiles de crucero lanzados desde tierra ofrecidos

por *los* soviéticos para la destrucción fue algo más amplia que lo que los estados Unidos se habían imaginado [ref. 19.1].) El testimonio de muchos agentes de inteligencia es que, cada parte, conoce los inventarios del otro con sorprendente exactitud.

Bajo el tratado actual, en momentos previamente convenidos, se eliminan las coberturas de los tubos de misiles de los misiles balísticos de la flota submarina, para que los satélites de reconocimiento de la otra parte puedan echar un vistazo. Según el artículo V del Acuerdo provisional de las SALT I, las deliberadas medidas de encubrimiento, que impida el reconocimiento de los satélites, han quedado prohibidas. Cuando una «tienda medioambiental» (en realidad un refugio prefabricado) se levantó sobre los silos Minuteman que se hallaban en proceso de «modernización», los soviéticos se quejaron muy pronto (a una comisión conjunta establecida para dirimir tales reclamaciones), de que se trataba de una violación del tratado SALT I, y las «tiendas» fueron modificadas. Después de quejas estadounidenses acerca de una similar «pauta de ocultamiento» soviética, las acciones soviéticas cambiaron y la acusación no se repitió. Estos incidentes no ocurrieron en la atmósfera de vertiginosa buena voluntad tras la subida al poder de Gorbachov, sino en el intervalo entre 1974 y el primer mandato del presidente Reagan. Cuando ambos bandos convinieron en que la cooperación en el control de armamento era en el mayor interés de ambas partes, se hace factible esta extraordinaria precisión en la verificación. Y si una pequeña fracción de la riqueza y el talento que se dedica, por lo general, a construir nuevos sistemas de armas se redireccionara a un seguro desembarazamiento de los antiguos, aún sería posible una verificación más a fondo y segura.

Dado que la verificación tecnológica depende críticamente de observaciones desde la órbita de la Tierra, las importantes reducciones de armas requieren unas rigurosas prohibiciones contra las armas antisatélite, y contra cualquier sistema estratégico de defensa —sea cual sea su ostensible función—, que pudieran emplearse para derribar o destruir los satélites de vigilancia. En éste, como en otros muchos aspectos, la guerra de las galaxias (SDI) es inamistosa respecto del establecimiento de una disuasión suficiente mínima (ref. 19.2).

Para protegerse contra la posibilidad de una fuerza estrategia clandestina, existen procedimientos de verificación cuida-

dosamente diseñados sobre los que se podría llegar a un acuer-do. Como ya hemos mencionado antes, existen procedimientos clave de verificación que se están llevando a cabo en los tratados INF, SALT I y II y en el protocolo de Estocolmo de 1986; en la actualidad, estas comprobaciones se reconocen como plausibles y alcanzables.

Sugerimos las siguientes medidas:

1) Unos protocolos rigurosos y sin ambigüedades para inspeccionar el desmantelamiento y destrucción de las ojivas nucleares (ref. 19.3) y los sistemas de lanzamiento. Esto puede realizarse en, o cerca, del lugar del despliegue, o en las instalaciones reunidas por todas las naciones que constituyan una parte del tratado. Una sugerencia radica en que el uranio y plutonio fisionables de las armas y extraído de las ojivas se utilice para generar electricidad en las centrales comerciales de fisión existentes (ref. 19.39): algo parecido a convertir las espadas en arados.

2) Una no entorpecida vigilancia con base en el espacio de las fuerzas desplegadas para determinar las características del armamento, número, movimiento, pruebas, etc.: una intensificación de la rutina actual de comprobación de las fuerzas estratégicas. Esto requiere la cooperación por cada lado con los protocolos de reconocimiento del otro.

3) Comprobación continua *in situ* de todos los lugares en que se sabe que el material fisionable es extraído o refinado, y qué armas se montan, se almacenan o despliegan (ref. 19.5). En el caso de que Estados Unidos y las URSS se hallen profundamente comprometidos en masivas reducciones de armamentos, deberían estar desarrollando, y compartiendo, nuevas tecnologías de vigilancia, que serían de empleo posterior cuando las reducciones de armas nucleares se ampliaran a otras naciones.

4) Garantizar la amplia comprensión pública, por[r] cada lado, de la ilegalidad, antipatriotismo, estupidez y peligro de una fuerza estratégica oculta y establecer procedimientos libres de represalia para que los ciudadanos informen de instalaciones clandestinas.

5) Equipos móviles de inspección de Estados Unidos estacionados en la URSS, y equipos soviéticos en Estados

Unidos, con rápido acceso a cualesquiera lugares considetrados sospechosos. Algunos estadounidenses, que disfrutan de tecnologías más avanzadas en numerosos campos, Se muestran desfavorables a permitir semejante acceso (ref. 19.6). Temen el espionaje militar e industrial. Indudablemente, podrían negociarse exclusiones en zonas que no puedan ser centrales para el desarrollo armamentístico. Pero, tras haber enfatizado, durante décadas, las objeciones de los intratables soviéticos para la verificación como obstáculo para el control de armas, le es muy difícil a los norteamericanos el digerir que los soviéticos hayan dado un giro de ciento ochenta grados en sus puntos de vista.

6) Una adhesión escrupulosa a la actual prohibición de poner en clave los datos radiados durante las pruebas de los misiles estratégicos.

7) Emplear información de inteligencia de otras fuentes. ¿Podría estar absolutamente seguro cualquiera de los bandos de que no existe un topo en su Comité de De fensa del Politburo o en el Consejo de Seguridad Nacio nal? ¿Podrían los «beneficios» del engaño —dada la segu ra fuerza de represalia por la otra parte— equilibrar las posibles consecuencias de ser descubierto?

Aunque la verificación no fuese a prueba de locos, un protocolo apropiadamente diseñado de reducción de armas garantizaría enormes dificultades para que cualquier lado lograra una significativa ventaja clandestina. Incluso con un engaño importante, digamos el *doblar* las fuerzas de un lado (cf. ref. 18.8) —, no quedaría seriamente amenazada la capacidad de represalia de un MSD diseñado (debido a la naturaleza de las matemáticas de la supervivencia de armas), incluso aunque el otro lado conociera exactamente dónde se encontrasen cada uno de los misiles. Dependiendo de la configuración de fuerzas del MSD, habría que resolver problemas especiales de verificación: por ejemplo para los misiles de crucero armados nuclearmente y lanzados desde el mar, o para garantizar que los cohetes sin MIRV no fuesen armados clandestinamente con los MIRV. Pero las soluciones de estos problemas no parecen encontrarse fuera de alcance. Consideramos la verificación como un elemento esencial, alcanzable y estabilizador de un régimen de suficiencia mínima.

Existe una necesaria tensión entre las fuerzas MSD, que son invulnerables, móviles, o que pueden ocultarse como se requiere para la estabilidad estratégica, y las fuerzas sometidas a comprobación por los procedimientos que aquí describimos. Pero esto no es nada nuevo: Los submarinos que pasen la mayor parte del tiempo en las profundidades abisales, ocultos a los satélites de reconocimiento, en momentos convenidos saldrían a la superficie y abrirían sus tubos para la inspección desde el espacio, de acuerdo con los protocolos del tratado. Un criterio importante para el diseño de las fuerzas MSD es establecer el equilibrio óptimo entre estos criterios en conflicto.

Un sistema ampliado de defensas estratégicas para proteger a una vasta nación de los misiles balísticos, tal como se previó originariamente en la guerra de las galaxias o en el programa SDI, sería en extremo desestabilizador (ref. 19.7), al tiempo que ruinosamente costoso, aunque fuera posible, que no lo es. Una defensa estratégica efectiva contra un ataque general de muchos millares de ojivas nucleares, y tal vez un millón de señuelos, es considerado ampliamente como una ilusión (ref. 17.5). Y, como ya se ha observado, lo que un sistema de guerra de las galaxias *puede hacer,* y con bastante rapidez, es derribar los satélites, y esta capacidad es inconsistente con el papel esencial de verificación del tratado mediante el reconocimiento de satélites en un régimen de suficiencia mínima.

Una justificación aún en uso para la defensa estratégica es que, aunque pueda no ser capaz de proteger a la población civil de los Estados Unidos, «mina la confianza de que un ataque tendrá éxito» (ref. 19.8). La misma observación es cierta, en una forma diferente, del invierno nuclear. Por lo tanto, en la extensión en que el generar la incertidumbre estratégica es una justificación válida para la defensa estratégica, el invierno nuclear reduce esta necesidad. También hemos publicado las preocupaciones respecto de, por lo menos, dos mecanismos separados a través de los cuales el SDI puede causarnos su propia variedad de invierno nuclear (ref. 19.9).

Las limitadas defensas *terminales* (que rodean los silos de misiles de hormigón, o el área transversal de los misiles móviles) para fortalecer la supervivencia de un MSD, puede concebiblemente ser estabilizador y deseable, dado que quedarían jus-

tificados los gastos adicionales y el sistema defensivo no podría emplearse como una efectiva arma antisatélite (lo cual parece impilcar graves restricciones en el alcance y aceleración de los misiles). Por ejemplo, los 100 interceptores individuales, ya permitidos por el Tratado Antimisiles Balísticos (ABM). El tratado podría realzar la supervivencia MSD y, por ende, la disuasión. Semejantes defensas serían no nucleares y requerirían unas armas no basadas en el espacio. A diferencia de la guerra de las galaxias, la defensa terminal sobre áreas limitadas —es decir, un silo de misiles o parte de una zona costera— es relativamente poco costosa y muy dentro de nuestra capacidad tecnológica. El sistema *Galosh* de 100 cohetes interceptores en torno de Moscú es un ejemplo; pero son posibles sistemas mucho más capaces, de elevada aceleración y de muy corto radio de acción. Los misiles ofensivos deben ser comprobablemente accesibles a cualquier sistema de penetración. Obsérvese que las fuerzas que estamos describiendo son estrictamente consistentes con el tratado ABM: por cada 100 interceptores que sean útiles, no deseamos mucho más que 100 lanzadores con base en tierra. Por otra parte, el desarrollo y el continuado refinamiento de cualquier cosa que sea un sistema de defensa de un área de corto alcance, plantea la desestabilizadora amenaza de la penetración: el miedo a que un lado desarrollara efectivas defensas estratégicas regionales en el régimen de armas dispersas MSD y, en efecto, desarme a la otra parte. Por esta razón, los contras de la defensa terminal estratégica MSD pueden superar a los pros. En cualquier caso, el resto del actual tratado ABM debería preservarse.

> Nunca he sido capaz de ver cualquier realidad militar en lo que ahora se denomina teatro o guerra táctica. Los hombres en los laboratorios nucleares de ambos bandos han tenido éxito en crear un mundo con unos cimientos sobre los que hay que construir, a su vez, una serie de realidades. Se han convertido en los alquimistas de nuestra época, trabajando de una forma secreta que no puede divulgarse, lanzando encantamientos que nos abarcan a todos.

Estas palabras fueron dichas por Lord Solly Zuckerman, ex consejero científico jefe del Ministerio británico de la Defensa

(ref. 19.10). Semejantes sentimientos son aún considerados irresponsables o (literalmente) impronunciables en muchos de los pasillos del poder militar.

A pesar de los profundos y recientes cambios políticos y sociales en Europa oriental, existen más de 10.000 ojivas nucleares tácticas y «municiones» nucleares en Europa occidental y oriental, además de las de la URSS. Las armas tácticas nucleares están previstas para contrarrestar la agresión regional. Por lo común, son los más probables gatillos potenciales para una guerra nuclear global. Hoy las armas tácticas estadounidenses están desplegadas para:

a) Apoyar las armas convencionales occidentales en Europa.

b) Actuar como correa de transmisión (llamadas educadamente «unión» o «acoplamiento»), tranquilizando a los aliados europeos de la OTAN, de un compromiso de Estados Unidos para defenderse contra un ataque contra los soviéticos (ref. 19.1-1).

c) Llevar a cabo la guerra regional en los teatros de Europa y de Asia.

d) Realizar operaciones navales. Los sistemas de lanzamiento de tipo nuclear y de alcance intermedio (por ejemplo, aviones FB-111), en Europa y Asia, que complementen las fuerzas nucleares tácticas, permitiendo operaciones que comprendan los escalones de retaguardia, bases militares y depósitos.

Según el acuerdo MSD, todo el concepto de guerra nuclear limitada con el empleo de armas tácticas podría repudiarse, y especialmente sólo quedaría la disuasión estratégica nuclear. Esto plantea importante cuestiones de equilibrio en las fuerzas convencionales y unas respuestas nucleares limitadas incluso a una aplastante agresión convencional.

Sugerimos:

1) Una estrictamente verificable retirada y destrucción de todos los sistemas nucleares de lanzamiento de alcance inter medio (lo cual ya se ha cumplido con los misiles balísticos alcance intermedio según el tratado INF).

2) Una retirada estrictamente verificable y destrucción de todas las armas tácticas nucleares.

3) Un equilibrio de las fuerzas convencionales en Europa

occidental (*), con reducción y reestructuración de las fuerzas de1 pacto de Varsovia y de la OTAN.

4) Establecimiento de un uso limitado de la política declada de las armas MSD en su papel de disuadir una agresión convencional militar a gran escala.

La desaparición de todas las armas nucleares tácticas de base avanzada ya se encuentra bajo consideración por las su-perpotencias y presenta varias ventajas: representaría la retirada de la mitad o de las dos terceras partes de todas las armas nucleares de la Tierra; eliminaría las armas que fuesen empleaJas con la mayor probabilidad en un conflicto y que se encontrarían bajo el menos riguroso mando y control; destruiría las armas que con mayor verosimilitud quedarían desbordadas en un ataque convencional, y, por lo tanto, las armas más vulnerables al dilema de «usarlas o perderlas» por parte de los comandantes de campo; todo lo cual establecería el estadio para (o acompañando) la reconstrucción de fuerzas importantes convencionales y reducciones de la fuerza nuclear estratégica.

Antes de los años 1980, las armas nucleares tácticas estadounidenses en Europa, si se usaban en primer lugar o de modo preventivo, contrarrestaban de modo efectivo cualquier superioridad convencional soviética. Pero, en los años 1980, tanto las armas convencionales de la OTAN como el arsenal nuclear táctico soviético quedaron reformadas por completo. Como resultado de todo ello, las armas nucleares tácticas estadounidenses estuvieron primariamente dirigidas contra las formaciones soviéticas *antes* que cruzasen la frontera (ya fuese antes o después de que comenzase la guerra). La versión por parte de la OTAN de esta doctrina se llama «Batalla aeroterrestre 2000». Y es muy proclive a resultar desestabilizadora porque, virtualmente, resulta indistinguible, a los ojos soviéticos, de los preparativos para un primer golpe táctico. Así, ambos bandos adquirieron unas armas nucleares tácticas de capacidad ofensiva, con un desarrollo peligroso. Por otra parte, la revolución en la Europa oriental hace cada vez menos plausible un ataque nuclear táctico por parte de cualquier nación. Ha quedado sustan-

(*) Más de la mitad de todas las armas convencionales avanzadas del planeta se hallan en realidad concentradas en el Frente de Europa Central (ref. 19.12), a pesar de la decadencia de la capacidad militar del Pacto de Varsovia.

cialmente debilitado el caso de que las armas nucleares táctica sean esenciales para disuadir de un ataque convencional. Pero no existen garantías mientras las armas continúen estando ahí La política cambia. Pueden presentarse accidentes.

Una solución transaccional sería el establecer de manera verificable un pasillo libre de armas nucleares en Europa Central. Podría tener una anchura de 100 km, y estar repleto sólo de infantería ligera por parte de ambos bloques, o por unas fuerzas pacificadoras de la ONU, o tal vez incluso sólo por civiles dedicados a sus asuntos de cada día. Proporcionaría unos tiempos de advertencia mucho más prolongados y unos incentivos muy disminuidos respecto de ser los primeros en emplear las armas nucleares tácticas. Dichas propuestas, incluyendo algunas con corredores considerablemente más amplios, han sido ya ofrecidos por parte del Pacto de Varsovia (ref. 19.13). La desnuclearización debería ser mucho más estable al aplicarla a naciones enteras (por ejemplo, las dos Alemanias más Checoslovaquia), que en unas zonas amortiguadoras más estrechas.

En Estados Unidos, la Comisión Nacional de Estrategia Integrada a Largo Plazo ha advertido que «la política de control de armamento debería poner cada vez mayor énfasis en las reducciones convencionales» (ref. 17.22). El ex embajador del-control de armamentos de Estados Unidos, Jonathan Dean, ya bosquejó un plan de diez años en los que seis categorías seleccionadas de armamento, tanto en las fuerzas del Pacto de Varsovia como de la OTAN, quedasen reducidas al 50 % de las existencias actuales de la OTAN, y el personal terrestre y aéreo también quedarían reducidos a la mitad. Una estructura *de* fuerzas semejante cabría esperar que ahorrase 75 mil millones de dólares al año a Estados Unidos y una cantidad comparable para las otras naciones de la OTAN (ref. 19.4).

Las naciones del Pacto de Varsovia han pedido la retirada de las tropas soviéticas y la URSS ha accedido a ello y ha empezado a llevarlo a cabo. El 7 de diciembre de 1988, en las Naciones Unidas, el presidente Gorbachov anunció la planeada retirada unilateral y la desmovilización en 1991 de unos 500.000 soldados soviéticos (que incluyen 90.000 oficiales), 10.000 blindados, 8.500 piezas de artillería y 800 aviones tácticos. Esta declaración presenta una oportunidad histórica para una masiva reducción mutua de fuerzas convencionales en Europa. La recíente transición a la democracia en la Europa oriental elimina

la presunta necesidad para las fuerzas soviéticas de realizar funciones de policía respecto de la adhesión doctrinal y docilidad política dentro de las naciones del Pacto de Varsovia. La apertura histórica de la frontera entre ambas Alemanias, en noviembre de 1989, y el movimiento hacia la unificación alemana (*), reduce en extremo la probabilidad de una agresión convencional del Pacto de Varsovia y de la OTAN en Europa Central.

El Pentágono estima en la actualidad que el riesgo de una guerra convencional en Europa es el más bajo que ha existido desde 1945. Una estimación de la Inteligencia Nacional juzga que las reducciones de fuerzas soviéticas, la creciente apertura de la sociedad de la Europa oriental [lo cual incluye los Acuerdos de Estocolmo sobre la inspección mutua de las respectivas maniobras militares (ref. 17.6)], y las mejoras de la inteligencia estadounidense, todo ello haya alargado el tiempo de advertencia de un ataque importante del Pacto de Varsovia sobre la OTAN hasta varios meses (ref. 19.15). Las valoraciones de la CÍA y del Departamento de Defensa concluyen que semejante ataque es ahora altamente improbable y, en el caso de que ocurriese, sería repelido por las fuerzas convencionales de la OTAN (ref. 19.15). La perspectiva de un ataque masivo convencional por sorpresa del Este contra el Oeste de Europa —sea cualesquiera la probabilidad que en un tiempo pudo tener— se está convirtiendo ahora en altamente improbable, basándose tanto en la oportunidad como en la motivación. El argumento en pro de la disuasión ampliada se está erosionando cada vez más.

En su mensaje de 1990 sobre el estado de la Unión, el presidente Bush hizo un llamamiento a las dos naciones para reducir sus niveles de tropas en Europa Central hasta 195.000 hombres por cada parte (ref. 19.16). La propuesta significa un recorte de las fuerzas estadounidenses en 60.000 hombres y mujeres, y respecto de las fuerzas soviéticas en 370.000; ade

(*) Dicha unificación se llevó finalmente a cabo, a partir del 3 de octubre de 1990, con la adhesión de los *lander* (Estados) de la RDA a los de la RFA, tal como ya estaba previsto en la constitución de la Alemania Federal. Esto ha llevado aparejado, entre otras cosas, y desde esa misma fecha, la desaparición del Ejército de la ex RDA, en tanto que la nueva Alemania sigue perteneciendo a la OTAN, aunque existen aprobadas unas cuotas máximas para las[s] fuerzas del Ejército unificado, sin llevarse a cabo una neutralización como fue, y aún es, el caso de Austria. *(N. del T.)*

más, los 30.000 soldados estadounidenses en el Sur de Europa quedarían exentos de esos recortes de tropas. Tras un momento de sobresalto respecto de la última previsión, la Unión Soviética se mostró de acuerdo. Se requieren con urgencia otras serias y sustanciales respuestas estadounidenses a las propuestas y acciones, por parte de los soviéticos, de reducciones en las fuerzas convencionales.

El equilibrio de las fuerzas convencionales en Europa -incluyendo infantería, blindados, aviones tácticos y de radio de acción intermedio, fuerza aérea naval y misiles de crucero- constituye un problema especializado que no vamos a comentar aquí, excepto para observar que es algo casi ciertamente al canzable (ref. 19.17). Cualesquiera de los desequilibrios residuales serían irrelevantes en un régimen MSD, en parte a causa de las ventajas inherentes de la defensa convencional sobre la ofensiva convencional, que requiere del agresor, para tener éxito, un superioridad numérica, según la práctica militar común de un factor de 1,5 a 3 sobre el defensor. Además, con las estructuras de fuerza que hemos bosquejado, la disuasión total de las fuerzas nucleares y convencionales combinadas serían sinergizantes y se reforzarían.

La reestructuración de las fuerzas convencionales en Europa podría ser asimismo importante para mantener la fuerte alianza entre Estados Unidos y la Europa occidental. La proposición de la retirada de las armas nucleares de Estados Unidos de Europa se ha criticado de manera ocasional como un abandono de la defensa de la Europa occidental. Pero, con el despliegue de las fuerzas de disuasión mínima, que hemos tratado aquí, se incrementaría la seguridad militar neta de Europa; la disuasión nuclear quedaría resaltada y el invierno nuclear estaría virtualmente fuera de alcance. Las armas nucleares tácticas y la disuasión ampliada se haría algo innecesario; incluso podemos decir que éste es casi el caso. Dadas las reservas que. presentan muchas naciones en relación con la política nuclear de Estados Unidos, las profundas reducciones en las fuerzas nucleares que acompañarían el establecimiento de un régimen MSD también tenderían a fortalecer parte de las posiciones políticas estadounidenses a nivel mundial.

Al sugerir el establecimiento de las fuerzas MSD que, seguramente, representan separarse en extremo de las actuales posturas estratégicas, debemos, a nuestro pesar, discutir políticas

apropiadas de elección de blancos y su empleo, reconociendo que una verificación a prueba de locos y el cumplimiento de tales protocolos no puede quedar asegurado sólo por medio de la tecnología. Los objetivos potenciales en.un régimen MSD incluyen las principales instalaciones militares; formaciones de fuerzas convencionales; C^3I («I» para Inteligencia) y centros de liderazgo; complejos industriales clave y centros urbanos /económicos de importancia. Se requeriría llevar a cabo una selección entre esas categorías, pero el número de armas en el arsenal sería demasiado escaso para provocar el invierno nuclear. En cierto sentido, la política MSD de represalia es equivalente, *orosso modo,* a la política de una destrucción mutamente asegurada (MAD), en la que algunos de los objetivos urbanos quedarían incluidos, por lo menos de forma implícita, en la serie de blancos. De forma clara, podemos afirmar que no existe seguridad de que resultase creíble el que se omitiesen las ciudades. Aunque sólo fuese por la pequeña cantidad disponible de ojivas nucleares en el mundo, dentro de un régimen MSD, el *número* de ciudades amenazadas sería mucho menor que en el caso de las actuales estructuras de fuerza. Pero una *fracción* mayor de las cabezas nucleares conseguibles podrían tener como objetivo las ciudades en un régimen MSD, a fin de maximizar la disuasión con unas fuerzas limitadas. Esto es lo que hacen en la actualidad las actuales pequeñas fuerzas británicas, francesas y chinas. Los objetivos de las ciudades continúan siendo una necesidad terrible y odiosa, pero resulta algo intrínseco a la auténtica naturaleza de las armas nucleares. Constituye una de las razones de que, a pesar de los impedimentos técnicos, políticos y psicológicos, muchos anhelen un mundo que hubiera abolido todas estas cosas.

Debido a la estructura de las fuerzas MSD, las armas deberían estar bajo un control estricto, continuado y positivo y, tras una iniciación de las hostilidades, podrían —si las circunstancias lo permitieran— ser retenidos sin miedo de destrucción, mientras se prosiguieran las negociaciones diplomáticas. Esto convierte al arsenal nuclear en algo mucho menos desencadenaba con facilidad y, por lo tanto, habría un mundo mucho menos peligroso.

Las fuerzas nucleares de Estados Unidos (y las británicas y

francesas) se consideran todavía como un contrapeso a lo que (a menudo y erróneamente) se ha descrito como «abrumadora» superioridad soviética en armas convencionales en Europa. Sin embargo, existen cada vez más pruebas de que las fuerzas convencionales de la OTAN han sido durante muchos años plenamente adecuadas para rechazar o retrasar de manera significativa un ataque por sorpresa del Pacto de Varsovia o un ataque de larga preparación sobre Europa occidental (véase recuadro y ref. 19.18), incluso mucho antes de las restricciones por parte del Pacto de Varsovia a causa de las revoluciones en la Europa oriental y las retiradas unilaterales soviéticas de fuerzas (ref 19.19).

Los soviéticos han propuesto (ref. 19.13) un programa a largo plazo de reducciones asimétricas en *armas convencionales* en Europa —tal vez incluso extendiéndose desde el Atlántico a los Urales— por lo que el personal y los blindados del Pacto de Varsovia se retirarían y desmovilizarían en un número mucho mayor que las fuerzas de la OTAN, y una amplia zona central de Europa quedaría despejada de fuerzas; la proposición incluye también reducciones de la OTAN y del Pacto de Varsovia en un millón de hombres y mujeres en el plazo de cinco años. En cierto modo, el proceso ha comenzado con los acuerdos, en principio, de febrero de 1990, respecto de las dos naciones, de retirar 430.000 soldados de Europa Central, con un índice de retirada entre Estados Unidos y la URSS de más de 6 a 1. (Cf. ref. 19.16.) Esto no previene la guerra, pero hace que un ataque por sorpresa sea mucho menos probable que ocurra o que se extraiga de ello unos beneficios importantes. Bajo esas circunstancias, la presunta necesidad de un campo de batalla o unas armas nucleares tácticas se convierten en menos urgentes, y de ello se deduce el no ser los primeros en usar las armas nucleares en un grado mucho mayor que hoy, por no representar en este caso una significativa opción militar. Esto, a su vez, disminuye la proliferación horizontal de armas nucleares. La brecha del Muro de Berlín y la desaparición del Telón de Acero ayuda a conseguir que esos pasos sean mucho más estabilizadores y prácticos.

Los ejemplos que van a ser discutidos a continuación constituyen una serie de temas que creemos serán básicos para er¡

contrar la senda hacia un régimen MSD. Se presentan aquí, en parte, para facilitar un indicio de cómo podría ser un proceso de este tipo y, en parte, asimismo para estimular o inducir al *factor* a prever los problemas adicionales y/o presentar solucio-nuevas. Naturalmente, no pretendemos que nuestra discu-sión resulte completa, o que ni siquiera llegue a incluir la mayoría de los problemas importantes. Pero sabemos que existe una gran cantidad de personas despiertas en todo el mundo, las cuales anhelan una oportunidad para marcar una diferencia, el poder ayudar a salir de la trampa, el conseguir un mundo más seguro. Lo único que deseamos es alentarles.

Las organizaciones privadas pueden realizar contribuciones significativas. Un gran hito lo forma el Proyecto Cooperativo de Investigaciones sobre Reducción de Armamentos de la Federación de Científicos Estadounidenses y el Comité de Científicos Soviéticos Contra la Guerra Nuclear (ref. 19.20): científicos norteamericanos y soviéticos trabajando juntos, comunicándose los detalles de la senda hacia la suficiencia mínima: qué direcciones hay que tomar en la ruta, qué baches se deben evitar. La parte estadounidense del esfuerzo ha sido financiada, de manera significativa, por una sola persona. El coste ha sido, aproximadamente, el de una sola arma nuclear, de las que Estados Unidos posee 25.000. Los científicos y estudiosos individuales pueden realizar contribuciones importantes. Existen en ¡a actualidad programas de Estudios para la Paz y departamentos en la mayoría de las Universidades, donde se investigan y se enseñan estos temas. El gobierno de Estados Unidos ha puesto anuncios para la ayuda a estudiosos del control de armas y el desarme (ref. 19.21), y la Academia de Ciencias Soviética, por Primera vez, ha dispuesto fondos para apoyar a científicos civiles que deseen cambiar sus carreras encauzándolas hacia el control de armas y el desarme (ref. *19.22).*

Resulta difícil pensar en otro trabajo que resulte más valioso. Confiamos que muchos estudiosos ya establecidos, pero, sobre todo, un gran número de personas jóvenes, consideren el dedicar una parte de sus vidas a buscar este sendero.

En realidad, existen muchos caminos. Cada uno posee sus propios beneficios y su propia carga de riesgos. El problema que tenemos ante nosotros radica en levantar un mapa del terreno, cartografiar los posibles caminos, asegurarnos de que algunos son menos arriesgados que nuestro camino actual, y en-

contrar entonces la ruta más segura y más rápida hacia la suficiencia mínima.

DISUASIÓN MINIMA EN 1787

El debate estadounidense acerca de la disuasión mínima comenzó ya en el mismo principio. Durante la Convención Continental de 1787, en la discusión de

> ... esa peligrosa institución, el ejército permanente, [Elbridge] Gerry, de Massachusetts, propuso que la Constitución limitase el tamaño del ejército a dos o tres mil hombres... Washington se opuso a esta idea, musitando audiblemente desde su sillón que deberían también hacer inconstitucional que cualquier enemigo atacase con una fuerza mayor... [Hugh Brogan, *The Pelican History of the United States of America* (Londres: Penguin Books, 1986), 205.]

La fuerza y claridad de la *reductio ad absurdum* de Washington resulta evidente. Ésa es la razón de por qué se necesita para el MSD un acuerdo bilateral, y llegado el momento global, y unos protocolos de verificación eficaz.

¿PUEDEN LOS CIUDADANOS CONSEGUIR HACER MUY DIFÍCIL EL ENGAÑO MIENTRAS LOS ARSENALES SE HACEN MÁS REDUCIDOS?

Leo Szilard, la primera persona en la historia humana que comprendió que resultaba posible una reacción en cadena, hizo más tarde esfuerzos heroicos para entender cómo se podrían llevar a cabo recortes en los arsenales estratégicos. En 1961 propuso un procedimiento según el cual los ciudadanos podían ayudar a garantizar que su propio gobiern[0] acatase los tratados de reducción de armamento:

> Cuando el acuerdo se firmó y se publicó, el presidente del consejo de ministros quiso dirigirse al pueblo ruso y, por encima de todo, a los ingenieros y científico ; rusos, por radio y televisión y a través de los periodicos.

> Les explicaría el porqué el gobierno ruso había llegado a este acuerdo y por qué deseaba que se hiciese entrar en vigor. Dejaría claro que cualquier violación secreta del acuerdo pondría en peligro el convenio y que el gobierno ruso no permitiría semejante violación. Si esas violaciones ocurriesen, como podría muy bien suceder, tendrían que considerarse como la obra de unos subordinados con exceso de celo, cuya comprensión de los auténticos intereses de Rusia fuesen más bien limitados. En esas circunstancias, sería un deber patriótico de los ciudadanos rusos, en general, y de los científicos e ingenieros rusos en particular, informar de cualquier violación secreta del acuerdo a un agente de la Comisión Internacional de Control. Además, para tener la satisfacción de cumplir plenamente un deber patriótico, el informante recibiría una recompensa de un millón de dólares del gobierno ruso. Al que recibiese una recompensa semejante y desease disfrutar de su riqueza y gozar de una vida de ocio y de lujo en el extranjero, le estaría permitido abandonar Rusia con su familia.
>
> Los científicos rusos apuntaron que, al repetir la misma tesis una y otra vez, como sabía muy bien hacer, el gobierno ruso crearía una atmósfera que, virtualmente, garantizase que los científicos e ingenieros rusos serían los primeros en informar de cualquier violación secreta.
>
> Más adelante, los rusos propusieron que agentes de la Comisión Internacional de Control mantuviesen delegaciones en todas las ciudades rusas, y varias delegaciones en las ciudades más grandes. Un informador sólo tendría que entrar en una de esas delegaciones con toda su familia, para hacer una declaración. [Szilard, «El acuerdo de desarme de 1988», *The Voice of the Dolphins* (Nueva York: Simon and Schuster, 1961), 57-58.]

Naturalmente, idénticos acuerdos, basándose en el tratado, se realizarían en Estados Unidos y en otras naciones armadas nuclearmente.

Aunque admiramos las ocurrencias de Leo Szilard, opinamos que esto podría ser una tentación para la subversión: por ejemplo, falsas alarmas internacionales. Otros acuerdos diferentes podrían ser muy útiles. Cualquier acuerdo con éxito solo funcionaría en conjunción con un abanico de otros métodos de verificación, tal y como ya hemos bosquejado.

«PREVENCIÓN MUTUA»: LA JUNTA DE JEFES DE ESTADO MAYOR EN LA GUERRA CONVENCIONAL EN EUROPA

Por encima de todo... las claves intangibles —cualidades de personal, alianzas, tecnología y capacidades de movilización industrial—... favorecen a Estados Unidos y a sus aliados y ayudarían a la OTAN a imponerse a las ventajas cuantitativas de fuerza en tiempo de guerra del Pacto de Varsovia. Esos factores complementan la formidable y mejorada capacidad de la OTAN y suscitan serias cuestiones acerca de la capacidad del Pacto de Varsovia para prevalecer sobre la OTAN en un conflicto convencional.

... Las valoraciones indican que las fuerzas de Estados Unidos y sus aliados en tierra, aire y en el mar deberían ser capaces de preparar una fuerte defensa que frustrase a la Unión Soviética y a sus aliados.

... La deficiencia primaria en el teatro de operaciones resulta de la significativa ventaja del índice de fuerzas de la que gozan por lo general las fuerzas del Pacto de Varsovia. Adi-cionalmente, la estructura de fuerzas corrientemente programada, la modernización y el sostenimiento de las mejoras quedarían probablemente superadas por las mejoras del Pacto de Varsovia, incluso aunque se pongan en marcha las recientes propuestas soviéticas de reducción de armamento.

... Aunque esas deficiencias pudiesen impedir a la OTAN lograr sus declarados objetivos, las fuerzas de la OTAN pueden asimismo impedir al Pacto de Varsovia el conseguir sus objetivos.

De la Junta de Jefes de Estado Mayor, *1989 Joint Military Net Assessment* (Washington, D. C. Departamento de Defensa, 1989), 5-8, hasta 5-14 *passim.* Esta valoración fue publicada antes de que se conociesen las nuevas estimaciones (reí-10.15) de la improbabilidad de una guerra europea, antes de la efectiva destrucción del Muro de Berlín y antes del avance de la democracia en Europa oriental.

Capítulo XX

BOSQUEJO DE UN CAMINO ESTRATÉGICO A CORTO PLAZO PARA ESTADOS UNIDOS

Aunque la dirección y la persuasión son siempre los instrumentos más fáciles y más seguros de los gobiernos, mientras que la fuerza y la violencia son lo peor y lo más peligroso, de todos modos, al parecer, es por la natural insolencia del hombre por lo que casi siempre desdeña emplear el buen instrumento, excepto cuando no puede o no se atreve a usar el malo.

ADAM SMITH, *La riqueza de las naciones* (1776), V parte, capítulo I.

El enorme déficit presupuestario constituye una plaga para la economía de Estados Unidos; se necesitan unos nuevos gastos civiles para preservar el bienestar nacional; existe una ampliamente reconocida necesidad de reducir los gastos militares. Estados Unidos se encuentra en la actualidad en una posición ventajosa para ayudar a resolver esos problemas mientras que, al mismo tiempo, se exalta la estabilidad global (ref. 20.1) y se dan los primeros pasos hacia la suficiencia mínima. Entre los primeros pasos hacia un pleno régimen MSD, tal y como se ha discutido en capítulos precedentes, cabría encontrar los siguientes: retrasar la producción en masa y el despliegue de nue-

vos y costosos sistemas estratégicos nucleares - siempre y cuando los soviéticos, que tienen unas motivaciones fuertes y similares, hagan lo mismo— y proseguir las negociaciones para lograr unas reducciones masivas y equitativas en los arsenales estratégicos para convertir en sistemas superfluos dichas nuevas vas armas. Las fuerzas de represalia estratégica masiva existentes son muy poderosas e, incluso con profundos recortes, pueden continuar durante décadas.

Al mismo tiempo, la voluntad soviética de negociar podría acomodarse a un plan muy amplio para unas mutuas y sustancíales reducciones de armamento. Basándonos en nuestra discusión previa, sugerimos que la propuesta estadounidense —un *intercambio para unas comparables reducciones soviéticas* que se avengan con las diferencias en las estructuras de fuerzas— debería contener los elementos siguientes:

a) Una importante y conjunta reducción en Europa de fuerzas convencionales OTAN/Pacto de Varsovia más allá de los actuales pasos tímidos y preliminares. Las negociaciones deberían avanzar con mayor rapidez en el medio ambiente de unas reducciones de fuerzas estratégicas y una creciente estabilidad militar. Las reducciones de fuerzas nucleares y convencionales irían de la mano, entre otras razones a causa de una reducción y desmovilización significativa de las fuerzas convencionales del Pacto de Varsovia, todo lo cual debilita el argumento de la OTAN de que sea necesaria una disuasión ampliada.

b) Terminar con el programa de misiles MX («Guardian de la Paz»), con sus diez ojivas nucleares con diez blancos diferen tes cada uno. Las armas MIRV son altamente desestabilizado ras y peligrosas.

c) Retirar la flota de bombarderos estratégicos B-1B, durante un período de diez años, con recortes totales en sistemas estratégicos. En los tiempos modernos, el ala de bombarderos representa el elemento más débil y más vulnerable de la triada estratégica estadounidense, y los bombarderos tienen habilida des especiales conectadas con la guerra nuclear (capítulo XVIII).

d) Terminar con el programa del bombardero B-2 Stealth. En el futuro equilibrio estratégico, el papel de los bom barderos de penetración lenta es también dudoso (ref. 17.19), y los enormes gastos de estos aviones quedarán, en último término, com-

pensados por unas comparativamente modestas inversiones en defensa aérea

e) Acabar con el programa de misiles submarinos D-5 Trident. los misiles C-3 o C-4 —e incluso los navios *Poseidón*— proporcionan una represalia adecuada, aunque no capacidad para ser el primero en atacar.

f) Paralizar la producción de todos los misiles de crucero. Sustancialmente, esas armas complican las negociaciones de reducción de armamentos.

g) Restringir el programa SDI a la investigación esencial —con grandes reducciones de desarrollo o despliegue—, una acción que abriría más ampliamente la puerta a las negociaciones estratégicas, aunque permaneciendo en guardia contra la posibilidad de un adelanto tecnológico.

h) Instalar sistemas de «destrucción del mando» (como los de todos los cohetes lanzados desde cabo Kennedy) en todos los misiles de crucero y balísticos, para que puedan destruirse por señales codificadas de radio en el caso de un lanzamiento accidental o no autorizado.

i) Finalizar con todas las pruebas de armas nucleares. La continuación de las pruebas nucleares no son esenciales para la fiabilidad del armamento o estabilidad de la crisis (ref. 20.2). La URSS ha declarado repetidamente que se uniría a cualquier tipo de moratoria por parte de Estados Unidos.

i) Negociar un tratado omnicomprensivo de prohibición de pruebas nucleares con los soviéticos. Una acción de este tipo proporcionaría a los Estados Unidos un cumplimiento más importante y más rápido. Una verificación altamente fiable es ahora posible con una combinación sísmica *in situ* y otros medios de vigilancia y por satélite.

k) Redirigir el personal y el dinero, durante tanto tiempo dirigidos a la fabricación de armas de destrucción en masa, hacia programas civiles que sean de lo más urgente. Acabar con las producciones de reactores para material fisionable, tan peligrosos parea el medio ambiente, en el río Savanah, Carolina del Sur, y Hanford, Washington y en Rocky Flats, Colorado, una instalación que produce los gatillos, o desencadenantes de plutonio para las armas nucleares. Reconvertir los laboratorios nacionales de Livermore, Los Álamos, y de Sandía, para desarrollar unas opciones energéticas que fueran globalmente mejores para el medio ambiente. Hoy ha quedado plenamente demos-

trada la peligrosidad y continuada mala dirección de las armas de reactores y material fisionable. La operación de dichos reactores es innecesaria en tanto en cuanto los sistemas estratégicos nucleares sean destruidos y el material fisionable y fusionable sean reciclados si se necesitan para las antiguas ojivas nucleares (ref. 20.3). Sin embargo, debería conservarse una pequeña capacidad residual de las armas nucleares, un régimen de disuasión de suficiencia mínima, que sólo funcionaría mientras la disuasión continúe siendo creíble. Por lo menos durante algún tiempo, como una protección contra los incumplimientos del tratado por algunas otras naciones en un régimen MSD, la experta capacidad para construir armas nucleares debería conservarse, por desgracia.

/) Una vigorosa continuación de unas más importantes reducciones de fuerzas bilaterales de estrategia nuclear, en las negociaciones con los soviéticos.

m) Desarrollar un plan para convertir los arsenales, en unas fechas lo más tempranas posibles, en una robusta disuasión mínima suficiente, basada en sistemas nuevos o reaprove-chados, con unos estrictos protocolos de verificación. Nuestras sugestiones generales ya han sido bosquejadas en los capítulos XVIII y XIX. El ingenio de los científicos e ingenieros de la nación podría ser empleado provechosamente para encontrar la seguridad óptima, efectiva, y un camino permisible desde la abundancia nuclear a una suficiencia estratégica.

n) Instaurar y fortalecer los tratados de no proliferación nuclear y prohibir la producción de armas basadas en el plutonio de las centrales nucleares civiles. Unos Estados Unidos que, finalmente, están cumpliendo el artículo VI del Tratado de No Proliferación Nuclear (ref. 20.4), una nación poderosa que muestra seriedad acerca de invertir la carrera global de armamentos nucleares, podría llegar a una superioridad moral y políti' ca desconocida en muchas décadas. Con respecto a todas estas proposiciones, desde la *a)* a la *n),* unas observaciones semejantes se deben aplicar asimismo a la Unión Soviética (ref. 20.5).

Naturalmente, existen otras muchas acciones positivas que podrían llevarse a cabo, incluyendo centros conjuntos de estados mayores para la crisis nuclear y avances conjuntos en cobertura de noticias, educación, ciencia, comercio, explotación

espacial, turismo y pasos para tratar con problemas tales como el recalentamiento global, disminución de la ozonosfera y la pandemia del SIDA (ref. 20.6). Sin embargo, unos pasos militares y diplomáticos a corto plazo, como los propuestos antes -aunque cuidadosamente coordinados y ofrecidos en forma de paquete que defina un nuevo curso para todas las fuerzas armadas del mundo—, haría ganar a Estados Unidos una credibilidad sin precedentes y una preeminencia internacional, y, para el mundo, una estabilidad estratégica sin paralelo y una baja probabilidad, incluso en el peor de los casos, de invierno nuclear. Creemos que todos esos pasos bilaterales son prácticos, y la mayoría de ellos nos ahorrarían vastas sumas en una época de apocalípticas necesidades fiscales y crisis financiera; y todos ellos para apoyar la disuasión y la estabilidad. *Incrementan* la seguridad nacional de ambas naciones. A largo plazo, la fuerza y el prestigio de los Estados Unidos y todos sus aliados (y la URSS y sus aliados), derivarán principalmente de la salud económica y del bienestar de su pueblo, que se ven en la actualidad amenazados por una carga aplastante de costos militares no productivos.

«VOLVAMOS A SER CIVILIZADOS»

Todas las Administraciones estadounidenses desde principios de los años 1950 —incluso las más belicosas— se han anunciado en favor de la reducción de los arsenales estratégicos globales. El mismo presidente que declaró que la URSS era «el foco de todo lo diabólico en el mundo moderno», llegó también a meditar, poco después de que los descubrimientos del invierno nuclear se hiciesen públicos por primera vez:

> Si ambos dijésemos que «hemos oído a los científicos hablar de cómo el mismo mundo podría quedar destruido. Mientras mantengamos las cosas en el sentido de que ninguno de ambos lados sea capaz de empezar una guerra con el otro, ¿por qué no reducimos nuestros arsenales?». Y si comenzamos ese camino de hacer reducciones, por el amor de Dios, ¿por qué no liberamos el mundo de tales armas? ¿Por qué las conservamos? Volvamos a ser civilizados. [Presidente Ronald

Reagan, entrevista, *Times*, 2 de enero de 1984, 37.]

La conversión de estos sentimientos a la vía política resultó pronto algo evidente:

> Estamos llevando a cabo vigorosamente las nego-ciaciones de unos acuerdos equitativos y verificables que conduzcan a unas radicales reducciones en los arsenales nucleares existentes en Estados Unidos y en la Unión Soviética... [Departamento de Defensa, Oficina del Ayudante del secretario de Defensa, Asuntos Públicos, «Puntos de vista del Departamento de Defensa acerca de temas nucleares importantes y proposiciones de congelación de las fuerzas nucleares a los niveles actuales», agosto de 1985, reimpreso en Donna Uthus Gregory, ed., *The Nuclear Predicament: A Sourcebook* (Nueva York: S. Martin's Press, 1986).]

Estas actitudes fueron, en parte, una respuesta al, a la sazón poderoso, movimiento político básico en pro de congelar los arsenales nucleares mundiales en sus actuales niveles y estructuras de fuerza. En sus declaraciones públicas, la Administración profesó la mayor disposición moral respecto de unas reducciones de armamentos, en vez de su simple conge- J lación. A menudo, los recortes en armamentos se describen como teniendo lugar bajo el paraguas de una defensa SDI impermeable (lo cual ahora sabemos que constituye una desesperada esperanza). Pero, así como los movimientos de congelación y de guerra de las galaxias se han apagado, las «reducciones radicales» han permanecido y se han converti-do en cada vez más centrales dentro de la estrategia política de Estados Unidos. (Un relato provechoso del movimiento de congelación es el de Douglas C. Waller, *Congress and the Nuclear Freeze: An Inside look at the Politics of a mass movements* [Amherst: University of Massachusetts Press, 1987].)

TOMAR UN SI COMO RESPUESTA

> A pesar de las confesiones de que la guerra nucleno puede ganarse y que los arsenales de armas estratégicos deben desmantelarse, los soviéticos continúan

> desplegando nuevas generaciones de misiles balísticos intercontinentales, misiles balísticos lanzados desde submarinos y bombarderos estratégicos tripulados. [Departamento de Defensa de Estados Unidos, *Soviet Military Power: 1989* (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1989), 42.]

Esto es perfectamente verdad. Pero resulta igualmente cierto para los Estados Unidos.

> Sería posible para los soviéticos firmar un tratado START, como hoy se prevé, y esencialmente retener la capacidad para llevar a cabo ataques contra blancos nucleares críticos y otros de tipo militar y económico. *[Ibíd.,* 47.]

Esto es también verdad. E igualmente lo es para los Estados Unidos.

Cada lado retiene en la actualidad un número tan grande de armas nucleares, que podrían realizarse unos recortes sustanciales sin disminuir por ello de manera significativa las perspectivas de una aniquilación mutua, al desencadenarse una guerra nuclear. Por ello se necesitan unos recortes mucho más profundos. Pero difícilmente se puede extraer de ello la conclusión de que los actuales niveles de fuerzas nucleares sean deseables o prudentes. Durante décadas, cada lado ha estado acusando al otro de falta de sinceridad cuando se ha propuesto una reducción de armamentos más considerables. Ha llegado, pues, el momento de tomar un sí por respuesta.

Capítulo XXI
OTROS ESTADOS NUCLEARES

Si el enemigo es un asno, y un idiota, y un mequetrefe hablador, ¿pensáis que conviene que seamos nosotros también asnos, idiotas y mequetrefes habladores. ¿Lo pensáis en conciencia?

Fluellen, en WILLIAM SHAKESPEARE, *La vida de Enrique V*, acto IV, escena primera. [Edición Aguilar, Madrid, 1978: traducción de Luis Astrana Marín.]

A fin de protegerse contra cualquier acto de hostilidad, no es suficiente que nadie se vea comprometido; cada vecino debe garantizar al otro su seguridad personal.

IMMANUEL KANT, *Paz perpetua* (1795), II, Introducción.

Los mecanismos de la carrera de armas a nivel mundial estan bien engranados. El séquito de bajas envuelve al mundo en un peligro común. Estados Unidos inventó las armas nucleares a causa de que temía que la Alemania nazi pudiese fabricadas primero. La Unión Soviética desarrolló las armas nucleares para reducir la ventaja estadounidense. El Reino Unido y Francia generaron sus arsenales para disuadir a la Unión Soviética

Las armas nucleares de China constituyeron una respuesta a las fuerzas nucleares estadounidenses y más tarde mantuvo como un contrapeso a las fuerzas nucleares soviéticas. La India necesitó las armas nucleares porque China, con armamento nuclear, había invadido la India en fechas no muy lejanas (ref. 21.1). Pakistán necesita armas nucleares si es que las posee la India. Israel necesita armas nucleares a causa del arma nuclear islámica (a veces llamada «La espada de Alá»). Israel, al igual que cualquiera de las naciones mencionadas, también desea un arsenal nuclear para proporcionar una disuasión ampliada. Las armas nucleares israelíes han alentado a otras naciones musulmanas, además de Pakistán, a perseguir su propia capacidad nuclear (ref. 21.2). Existen pruebas de que Israel está suministrando tecnología de armas nucleares a la República Sudafricana. La perspectiva de las armas nucleares de Sudáfrica —si se desarrolla y no se detiene—, indudablemente proporcionará una razón convincente para que las naciones del África subsahariana —especialmente Nigeria— consigan asimismo armas nucleares (ref. 21.3). Y con los Estados Unidos y la Unión Soviética azotados por unas economías vulnerables o debilitadas, con su estatus mundial respaldado en vastos arsenales, resulta claro (ref. 21.4) que Alemania (especialmente un Alemania ahora ya reunificada) y Japón, ¿podrían indefinidamente negarse a sí mismos el poseer armas nucleares?

Uno de los numerosos dilemas del armamento nuclear es éste: las armas nucleares pueden lograrse por una nación para desalentar su uso por parte de las demás, pero una vez las tienen en la mano atraen a quienes las poseen. Existe una casi irresistible tentación, en una crisis no nuclear pero seria, de emplearlas para realizar una coacción y una intimidación, Dado que esta inclinación es más despreocupada cuando se enfrentan a naciones que carecen de su propio armamento nuclear, al cabo de algún tiempo las naciones privadas de ese armamento captan la indirecta y la posesión de armas nucleares se convierte en algo contagioso. Esa «proliferación horizontal» incrementa las posibilidades de un conflicto entre superpotencias de una guerra global y del invierno nuclear. El único pro-cedimiento para que las superpotencias mantengan unas fuerzas MSD, sin por ello continuar provocando una carrera de armamentos a nivel mundial, es no volver a emplear nunca más las armas nucleares para coaccionar. Las declaraciones a este respecto podrían ser algo agradable, pero sólo se convertirán en

creíbles cuando la confianza mutua entre naciones llegue a unos niveles más elevados de lo que ha sido la norma en décadas recientes. La MSD no podrá lograrse con seguridad a menos que se vea íntimamente acoplada con una reducción de las armas convencionales y unos adelantos importantes en la amistad internacional. De modo asombroso, estas condiciones comienzan a verse satisfechas. El mismo hecho de que las superpotencias vayan entrando por un sendero que saben que debe conducir a un régimen MSD, constituiría un claro signo de unos nuevos niveles en las relaciones internacionales. Y esos niveles se están volviendo ya contagiosos.

El peligro originado por la proliferación, especialmente de las armas estratégicas es mayor en un régimen MSD, y tal proliferación podría elevar los niveles de fuerza de lo que se percibe como una disuasión mínima suficiente. Por otra parte, las apuestas son tan elevadas, y los recursos disponibles para las superpotencias tan grandes que, sin duda, deben encontrarse unos incentivos adecuados incluso para el Estado más recalcitrante. Entre las naciones con la mayor preocupación en la actualidad se encuentran Israel, Iraq, República Sudafricana, India, Pakistán, Corea del Norte, Brasil y Argentina.

A principio de los años 1990, las naciones que se sabe que poseen misiles balísticos de medio y largo alcance son Estados Unidos, la Unión Soviética, el Reino Unido, Francia, China, Israel, Arabia Saudí y la India. El israelí se llama *Jericó II, y* su alcance es de 1.500 km. El misil balístico de Arabia Saudí es el *Chino DF-3,* con un alcance de 2.200 km (ref. 21.4). El misil indio, con un radio de hasta 2.400 km y una carga de 1 tonelada se llama *Agni.* Las naciones con misiles de alcance medio en desarrollo se afirma que incluyen a Argentina *{Cóndor II,* radio de acción 900 km), Brasil *(SS-1.000,*1.200 km), Egipto *(Badr-2.000,*900 km), Iraq *{Al-Abbas,* 900 km [empleados contra Israel en 1991]) y Taiwan *{Skyhorsé)* (ref. 21.5). Muchas otras naciones están desarrollando en la actualidad misiles de corto radio de acción. Casi todos esos cohetes pueden llevar cabezas nucleares.

Para prevenir la proliferación, se ha de llegar al control de las exportaciones. Esto se vería ayudado por un tratado, a nivel mundial, que prohibiese de un modo omnicomprensivo las pruebas nucleares (resulta difícil estar seguro de que tus bombas funcionan si nunca has hecho estallar ninguna). Pero lo que esto requiere de una manera fundamental es una reducción de

armamentos desde la cumbre, en aquellas naciones que establecieron por primera vez la carrera de armamentos, las que dirigen esa carrera de armamentos, que tienen la responsabilidad, y cada vez más el incentivo, de detener el motor y demoler todas las conexiones.

Llegado el momento, todas las naciones armadas nuclear-mente, y las capaces de estarlo, tendrán que cooperar para resolver el dilema nuclear. Esto incluye la extensión y fortalecimiento del tratado de No Proliferación Nuclear [dando por supuesto que Estados Unidos y la Unión Soviética cumplan el artículo VI (ref. 20.4), y una más intensa supervisión internacional de los reactores nucleares y de los productos de desecho, a partir de los cuales pueden refinarse los materiales fisionables para producir armas].

Si tenemos que realizar un enfoque —desde el punto más bajo posible— de los arsenales del umbral del invierno nuclear, y si Estados Unidos y la URSS se sienten impulsados a tener muchas más armas nucleares que cualquier otra potencia nuclear menos importante, en ese caso los Estados nucleares segundones tienen un papel mucho más vital que desempeñar. Indudablemente, no puede conseguir unas desinversiones de armas importantes en Estados Unidos y la URSS, pero, probablemente, sí podrían impedir que tales desinversiones tengan lugar. Y hemos discutido previamente (refs. 9.9 hasta 9.13) las perspectivas de las tres potencias nucleares más importantes después de que Estados Unidos y la Unión Soviética reduzcan sus fuerzas nucleares tras una significativa demostración de la buena voluntad de las superpotencias para hacerlo (por ejemplo, después de la puesta en marcha del START). Los gobiernos chino y francés ya han dado muestras de esa buena voluntad, así como algunos partidos políticos en el Reino Unido. Muchas naciones no alineadas están a favor de una prohibición total de toda clase de pruebas nucleares (refs. 13.1, 21.6).

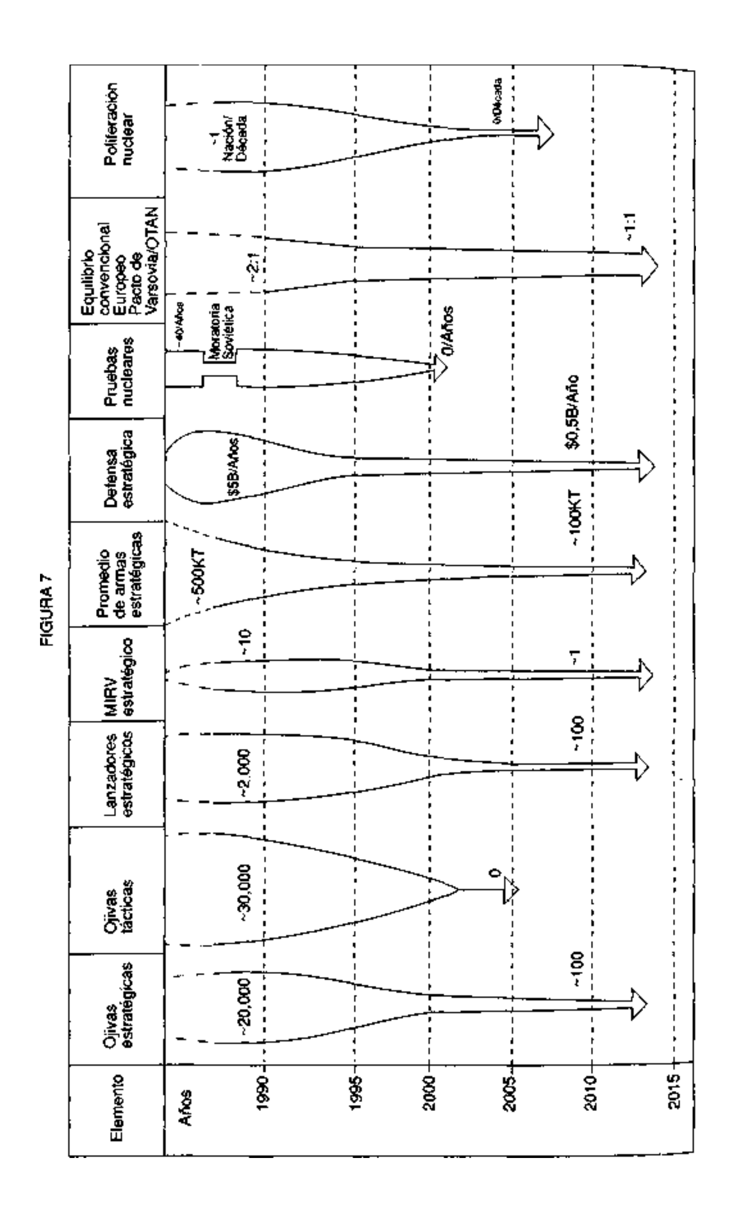
Tal vez Estados Unidos y la Unión Soviética —como potencias que han desmantelado con mucho el mayor número de arrmas nucleares— podrían, por lo menos inicialmente, insistir en retener su parte del león en lo que se refiere a arsenales nucleares mundiales. Tal vez cada cual podría mostrarse partidario de un inventario casi igual a la suma de las armas de los arsenales potencialmente preparados contra esto. Pero incluso dicho re-querimiento podría suavizarse. Un grupo de analistas soviéti-

cos, asociados con el Ministerio de Asuntos Exteriores, ofrece para su discusión un régimen MSD en que las potencias de segundo orden tuviera cada una la mitad de las armas nucleares de Estados Unidos y la URSS (ref. 21.7). Por ejemplo, se trataría de los siguientes inventarios: Estados Unidos, 600; URSS, 600 Reino Unido, 300; Francia, 300; China, 300. Si, por ejemplo, el Reino Unido y Francia continuaran alineados con Estados Unidos, esto alcanzaría una disparidad 2:1, lo cual, en un régimen MSD, podría ser aún casi aceptable. Naturalmente, no se trata de una posición soviética oficial, pero sugiere una flexibilidad prometedora. (Si incluyésemos a China, la disparidad se convertiría en 2.5:1, y esto podría proporcionar un argumento para reducir un poco más los arsenales de las no superpotencias. Por ejemplo: Estados Unidos = URSS = 600; Reino Unido = Francia = China = 200. Para evitar el invierno nuclear esto nos lleva a unos arsenales más pequeños que los que constan en las propuestas soviéticas. Tal vez: Estados Unidos = URSS = 100; Reino Unido = Francia = China = 50, o menos.) Parece improbable que Estados Unidos y la Unión Soviética, junto con otras muchas naciones, pudiesen no encontrar unos argumentos convincentes e incentivos para las naciones renuentes a realizar unas desinversiones apropiadas de sus armas nucleares.

Israel puede presentar un problema más difícil. Después de las importantes revelaciones de Mordechai Vanunu, se estima el tamaño del arsenal nuclear israelí —hasta ahora, al parecer, sólo de bombas de gravedad— comprendido entre las 40 y las 200 armas (ref. 21.8). Pero el desarrollo del misil de alcance intermedio *Jericó II,* y el lanzamiento de un satélite' artificial por parte de Israel, todo ello se encuentra dentro de la perspectiva de que las armas nucleares israelíes sean lanzadas desde cohetes. (Incluso el nombre de este sistema de armas de una manera clara alude a la amenaza de ciudades destruidas y sus habitantes masacrados; ref. 21.9.) Hasta ahora las respuestas oficiales de Israel a las correspondientes preguntas, ha tenido la precisa e invariable formulación siguiente: «Israel no será la primera nación que introduzca armas nucleares en Oriente Medio» (ref 21.10). Dado que, en la actualidad, ya está claro que Israel posee armas nucleares (ref. 21.11) y que las ha *introducido* en Oriente Medio, ¿cómo debemos entender esta repetida garantía? ¿Puede Israel haber observado las armas nucleares de los estadouni denses y de los soviéticos en sus flotas del Mediterráneo y/o del

golfo Pérsico, y lo ha empleado como una justificación para poseer su propio arsenal nuclear? Y de ser así, la retirada de las armas nucleares estadounidenses y soviéticas de Oriente Medio -lo cual constituiría una consecuencia natural dentro de un régimen MSD— debería llevar a Israel a reducir sus arsenales. Pero lo más probable es que las armas nucleares —y crecientemente sus sistemas de lanzamiento de alcance intermedio— las introdujera Israel como un contrapeso a una enorme superioridad convencional, por lo menos sobre el papel, en hombres y blindados por parte de sus vecinos árabes (y el asunto de la formulación de «la primera nación en introducir» puede haber constituido la respuesta menos mendaz disponible compatible con los percibidos alegatos de la seguridad nacional).

Así, la posición israelí es una especie de microcosmos de lo que solía llamarse en la OTAN el «dilema» de las fuerzas convencionales, es decir, la existencia de unas armas nucleares tácticas necesarias para contrapesar la superioridad convencional. De este modo, unos recortes importantes en las fuerzas nucleares israelíes requerirían de alguna combinación de reducciones asimétricas de fuerzas (pero reducciones por ambas partes), reforzadas por defensas convencionales, una mayor cooperación para encontrar una solución justa al tema de la nacionalidad palestina y unos esfuerzos internacionales para eliminar las causas del terrorismo en Oriente Medio. Pero, por encima de todo, requiere una mejora tan dramática en las relaciones israelí-musulmanas, como la que actualmente tiene lugar entre el Este y el Oeste. Y ambas mejoras parecían improbables no hace demasiado tiempo. Unos mayores avances de Estados y de la Unión Soviética hacia el final de la carrera de armamentos y el establecimiento de un régimen MSD constituiría un auténtico ejemplo respecto de los cambios que son posibles en las relaciones de las naciones-Estado enfrentadas. Estados Unidos y la Unión Soviética proporcionarían, por otro lado, con sus acciones, un modelo para otros países. Además, si se realizan sustanciales progresos hacia el MSD, las potencias principales tendrían una motivación redoblada para concentrarse en los Problemas de Oriente Medio. En una perspectiva a largo plazo, el movimiento de la economía de la energía mundial alejándose de los combustibles fósiles —en parte a causa de la preocupación respecto del recalentamiento invernadero— es asimismo probable que lleve a cabo cambios profundos en Oriente Medio.



Indicación esquemática de cómo los diversos componentes de las estructuras de fuerzas existentes de Estados Unidos y de la URSS, y de las actividades relacionadas, pueden reducirse a fin de que un régimen de disuasión suficiente mínima (MSD) pueda plantearse en torno al cambio de milenio, el 1 de enero de 2001. Las líneas a trazos cerca de la parte superior de cada componente indica tendencias previas. Significa aproximadamente. KT significa kilotón; B significa miles de millones.

En estos últimos tres capítulos hemos descrito brevemente un nuevo régimen estratégico que puede conseguir estabilizar-en la próxima década. Está diseñado para proporcionar una disuasión nuclear mucho más estable de la que disfrutamos hoy y se convierte en algo más cercano a la eliminación de cualesquiera posibilidades de un catastrófico invierno nuclear. Los cambios en las estructuras de fuerzas que prevemos y una representación muy *grosso modo* del tiempo de su entrada en vigor, se resumen en la figura 7: las lanzadoras estratégicas quedan desprovistas de los MIRV; se eliminan las armas tácticas; desaparece el escudo de las armas estratégicas; se recortan sus-tancialmente los fondos dedicados a la defensa estratégica; se prohiben las pruebas nucleares; las fuerzas convencionales en Europa se equilibran y disminuyen; se detienen la proliferación de armas nucleares entre nuevas naciones. Y el arsenal mundial de ojivas nucleares estratégicas se reduce de unas 25.000 a sólo unos cuantos centenares, o aún menos.

MAO ZEDONG Y LA EXPLOSION DE LA TIERRA

Levantándose de la Tierra,
un portento cruza el cielo...
... Has vaciado tu taza
de la radiante primavera de este mundo.
Con violencia la has hecho estallar...
sumergiendo el Universo en una convulsión de frío.

«Kunlun», octubre de 1935; en *Reverberations: a New Translation of the Complete Poems of Mao Tse-tung,* traducción y notas de Nancy T. Lin (Hong Kong: Joint Publishing Company, 1980), 37.

Las naciones sin armamento nuclear que se encuentren en rivalidad con las naciones armadas nuclearmente poseen una inclinación natural a minimizar la gravedad de la guerra nuclear, por lo menos en lo que se refiere al consumo exterior (y también para el interior civil). En 1946, el punto de vista Publico de Stalin era el siguiente:

> No considero la bomba atómica una fuerza tan grave como varios grupos políticos se inclinan a pensar al

> respecto. Las bombas atómicas están previstas para asustar a la gente de poco fuste, pero no pueden decidir el resultado de una guerra...

Pero en cuanto la Unión Soviética consiguió tales armas este punto de vista se amortiguó bastante. A finales de los años 1950, ya muerto Stalin y con los depósitos soviéticos en crecimiento, las casi apocalípticas predicciones de las consecuencias de la guerra nuclear empezaron a emanar desde Moscú, pero, sobre todo, con relación a las consecuencias para Occidente. La URSS sobreviviría a una guerra nuclear, se decía, a causa de la disciplina socialista, tal vez, o debido a la mayor extensión del país.

Un punto de vista chino de 1*950:*

> La bomba atómica es una de las armas modernas que posee el mayor de los poderes destructivos... Sin embargo, excepción hecha de que origina unos efectos destructivos mucho más grandes que los producidos por las bombas ordinarias, un arma semejante no puede producir más efectos. La fuerza final decisiva para destruir el poder de lucha del enemigo no es la bomba atómica sino la de unas tropas fuertes y amplias... Para los países con una voluntad de lucha y vastos territorios, como la Unión Soviética y China, la utilidad de la bomba atómica es todavía menor.

Menos de una década después, los dirigentes de la Unión Soviética quedaron horrorizados ante semejantes puntos de vista, aunque los mismos los declarara Stalin por primera vez. Ya habían realizado pruebas con armas nucleares. Sabían —aunque sólo fuese en parte— cómo funcionarían las cosas.

En sus esfuerzos por minimizar el «tigre de papel» de las armas nucleares estadounidenses, el presidente del Partido Comunista Chino Mao Zedong adoptó en ocasiones una posición de distanciamiento olímpico:

> Aunque las bombas atómicas estadounidenses fuesen tan poderosas que, cuando cayesen sobre China, hiciesen un agujero a través de la Tierra, o incluso la hiciesen estallar, eso apenas significaría nada para el Universo en su conjunto..., incluso aunque fuese un acontecimiento importante para el Sistema Solar...

Y —¿quién sabe?— incluso para China.

En la misma discusión, como en muchas otras, Mao comentó: «Los Estados Unidos no pueden aniquilar la nación china con su pequeño depósito de bombas atómicas.» La publicación del Ejército chino, escribió un editorial, en 1967, respecto de que «las bombas atómicas, los misiles dirigidos y las bombas de hidrógeno, en su conjunto, no constituyen algo de lo que valga la pena hablar».

Con unas observaciones semejantes —cuya consecuencia práctica fue impulsar a Estados Unidos a construir un arsenal aún más grande—, el presidente Mao se encontraba en un error. Una opinión de este tipo, a menudo atribuida a Mao (aunque habría que ponerla al día en términos demográficos), es la siguiente: «Si los Estados Unidos o la Unión Soviética perdiesen 250 millones de personas en una guerra nuclear, quedarían destruidos para siempre. Si China perdiese 250 millones de personas, aún seguiría siendo la nación más poblada de la Tierra.» Pero el invierno nuclear no actúa matando a un número fijo de personas por cada nación. Las naciones que tengan *más* gente serán las que *perderán* también más personas. Al encontrarse situada en la misma latitud media Norte que los Estados Unidos y la Unión Soviética, las pérdidas de China en una guerra nuclear de las superpoten-cias, incluso en el absurdo caso más optimista de que ni una sola arma nuclear cayese sobre el territorio chino, despoblaría enormemente el país. Por suerte, en la actualidad la comprensión oficial que posee China de las consecuencias de una guerra nuclear, incluyendo en esto el invierno nuclear, han avanzado en extremo desde la época de Mao (ref. 21.12).

Capítulo XXII
ABOLICIÓN

Esta belleza alberga grandes peligros, que hacen salir a la luz la fraternidad de los extranjeros.

VICTOR HUGO, *Los miserables,* IV parte (1862).

La fe, al igual que un chacal, se alimenta entre las tumbas e incluso reúne su más vital esperanza a partir de esas dudas muertas.

HERMAN MELVILLE, *Moby Dick* (1851), capítulo VII.

El mundo se halla infestado de armas nucleares y anonadados ante la perspectiva de su empleo. ¿Existe alguna esperanza realista, tal vez en una época un poco más distante, en que se produzca su abolición total? ¿Llegaremos a hacer desaparecer estas cosas de la faz del planeta? La abolición reduciría con certeza el peligro del invierno nuclear hasta el punto de su desaparición (ref. 22.1). Pero la abolición presenta también sus propios peligros.

A medida que los arsenales se hacen más pequeños, más pequeños incluso que *los* niveles de la suficiencia mínima, la ventaja que proporcionan unas cuantas armas nucleares

proporcionalmente mayor; y crece el peligro respecto de que alguna nación haya podido secuestrar un puñado de armas nucleares y las emplee para intimidar o para cualquier acto de fanatismo ideológico o religioso (ref. 22.2). El temor a esa ventaja constituye un obstáculo formidable para la abolición, como ya se enunció, en 1946, por cuanto sabemos, por parte de Frederick S. Dunn (ref. 22.3):

En un mundo en que, por tratado, desapareciesen las bombas, el primero que violase dicho tratado conseguiría una enorme ventaja. A partir de unas condiciones así, las oportunidades para el dominio mundial resultarían demoledoras. A partir de aquí, llegamos a la paradoja de que, cuanto más lejos llegasen las naciones a un acuerdo internacional en el sentido de eliminar las bombas y las instalaciones, más fuerte se haría la tentación de evadir dichos acuerdos. El sentimiento de seguridad que uno se imagina que procedería de un mundo sin bombas, llegaría a ser sólo un espejismo.

Un régimen de abolición requeriría una sostenida y prioritaria experiencia en verificación de los tratados con una inspección mutua intensa y un entusiasta apoyo público respecto del mencionado régimen MSD. Tal vez su sostenimiento se derivase de los beneficios económicos obvios de un mundo que ya no se hallase esclavizado por las insaciables demandas de una carrera de armamentos convencionales y nucleares. Requeriría confianza, aunque no basada en una esperanza ingenua o pía, sino en palabras y acciones que se extendiesen, por lo menos, durante una generación o dos (ref. 22.4). Nuestro planeta parece encontrarse aún muy alejado de un estado semejante, aunque, últimamente, se hayan hecho evidentes unos signos alentadores de progreso.

Existen muchos que opinan que los avances en armamento convencional han convertido una guerra no nuclear, a gran escala, en algo mucho más mortífero que, por ejemplo, la Segunda Guerra Mundial; que las armas nucleares poseen una utilidad especial para desalentar las confrontaciones militares directas entre las naciones armadas nuclearmente (ref. 22.5); y que,. por ende, su abolición podría constituir un error fatal. Los

incrementados horrores de una guerra convencional moderna entre las superpotencias, proporcionaría su propia medida de disuasión, pero nada que pueda aproximarse a la disuasión nuclear. Algunos llegan tan lejos como hasta afirmar que la presencia de las armas nucleares y, especialmente, la perspectiva del invierno nuclear ya han convertido en algo obsoleto las guerras a gran escala (ref. 22.6), un estado que la abolición podría invertir.

En contraste, otra preeminente escuela de pensamiento sostiene que la retención total por parte de Estados Unidos y de la Unión Soviética de cualesquiera armas estratégicas, constituye una cosa moralmente reprensible, pero asimismo una invitación fatal a las demás naciones para hacerse con sus propias fuerzas nucleares para poder así jugar con los chicos mayores, una ambición cada vez más difícil de colmar en la era actual de superabundancia de armas nucleares entre las superpotencias (ref. 22.7). A largo plazo, la disuasión mínima conduce, según se afirma, a un mundo en que las superpotencias poseen muchas menos armas nucleares y todos los otros tienen muchas más (aunque, y esto constituye un punto relevante para el invierno nuclear, con unos arsenales globales mucho menores que en la actualidad). La proliferación vertical queda remplazada por la proliferación horizontal. Sólo un mundo sin armas nucleares, según se manifiesta, podría considerarse a salvo.

Aunque el mundo avance poco a poco hacia la suficiencia mínima, no creemos que sea probable que una reducción de los actuales inventarios nucleares globales a cero, hacia el año 2 000 (como propuso el 15 de enero de 1986 M. S. Gorbachov y fue respaldado por otros gobiernos y por el partido laborista británico), o algo que sea comparativamente parecido. Existen, simplemente, demasiadas armas nucleares en el mundo y se hallan empotradas demasiado profundamente en la forma de pensar de los gobiernos y de los dirigentes. Un cambio de pensamiento a esta escala llevaría algo más que unos cuantos años Pero podría ser exactamente posible el reducir los arsenales a algo que se acercase a la suficiencia mínima en las proximidades del principio del nuevo milenio (ref. 22.8), como ya sugirió uno de nosotros hace algunos años (ref. 2.3; figura 7).

Si hemos de abolir en algún momento las armas nucleares durante ese camino tendremos que pasar a través de los niveles de fuerza correspondientes a la suficiencia mínima. El MSD es

una parada en el camino hacia la abolición, desde la cual podremos observar con toda seguridad el paisaje y los obstáculos que todavía queden. El alcanzar el MSD por sí mismo ya clarificará y nivelará el terreno. En ese momento, podríamos juzgar de una manera realista el abanico de proposiciones, incluyendo entre ellas la abolición comprobada de los arsenales nacionales, con ayuda de una pequeña fuerza MSD transnacional, hacia la «disuasión sin armas», una abolición plenamente a nivel global con una disuasión proporcionada únicamente a través de la capacidad de rearmarse con rapidez si las circunstancias obligasen a ello (ref. 22.9). A medida que se implantasen las masivas reducciones de armamento, irían apareciendo probablemente nuevos enfoques de cara a la abolición.

En la relación tradicional entre científicos y líderes politicos, se asumen y premian las sugerencias de los científicos cerca de los procedimientos para matar cada vez un número mayor de personas, mientras que los llamamientos que surgen en pro de la restricción de armas se rechazan o se ignoran. En ese caso, se suele afirmar que los científicos son unos ingenuos y que se salen de su campo de acción; actúan más allá de la competencia que les es propia. La invención de armamentos es un asunto científico, sugieren los políticos y los burócratas, pero el *empleo* de las armas es un asunto político. De ese modo, se aceptó, en 1939, el consejo de Albert Einstein y Leo Szilard al presidente Franklin Roosevelt, y se crearon y probaron las armas nucleares; pero las advertencias de esos mismos científicos, en 1945, y más tarde —y sus exactas previsiones respecto de una carrera de armas nucleares con la Unión Soviética— fueron rechazadas con cólera o con desprecio por los políticos norteamericanos. Asimismo, se apreció el genio de Andréi Sajarov para construir el arma termonuclear soviética, incluso se le llegó a reverenciar; pero sus previsiones respecto de los peligros de su creación no fueron seguidas, o se las menospreció, por Parte de los políticos soviéticos durante el transcurso de treinta años.

Todo esto es algo parecido —y reconocemos que la analogía resulta imperfecta— a un impetuoso adolescente al que le regalan un coche deportivo de grandes prestaciones, y que no se detiene a leer el manual de instrucciones, ni se detiene un mo-

mento para una discusión acerca de las precauciones de seguridad, o que ni siquiera pasa el examen para conseguir el permiso de conducción. Se niega a conocer los peligros. Sólo desea sentir el viento en el rostro, escuchar el rugido del motor y poder impresionar a sus iguales. Muy pronto incluso querrá un modelo más perfeccionado, si es que se halla disponible. Pero, a veces, la adopción de riesgos por parte del adolescente y algún ocasional roce con la muerte puede inducirle a actitudes más maduras, a otras sensaciones e incluso a otras formas de pensar. Tal vez las naciones, al igual que las personas, también aprendan a madurar.

En su borrador de discurso, que se convirtió en sus últimas palabras escritas (ya lo hemos citado en el capítulo V), Albert Einstein expresó su creencia de que, si las querellas entre las naciones-Estado provistas de armamento nuclear degeneraban en guerra, «la Humanidad estaría perdida». Luego dejó claro el porqué creía que el cambio resultaría tan difícil:

> A pesar de su conocimiento [de las consecuencias de la guerra nuclear], los estadistas en posiciones responsables en ambos bandos, continúan empleando las tan bien conocidas técnicas de tratar de intimidar y de desmoralizar a sus oponentes con el despliegue de su superior fortaleza militar. Y lo hacen así, incluso aunque esa política conlleve el riesgo de la guerra y de la perdición total. Ningún estadista que ocupe una posición de responsabilidad se ha atrevido a seguir el único sistema que lleva aparejado cualquier promesa de paz, un curso que lleve a la seguridad supranacional, dado que un estadista que siguiese ese camino quedaría abocado al suicidio político. Las pasiones políticas, una vez han llegado a inflamarse, exigen sus víctimas (ref. 22.10).

Pero seguir por este camino también puede representar dentro de no mucho tiempo un suicidio político. La interdepencia económica global, la inesperada apertura de la Unión Soviética y de la Europa oriental al resto del mundo, la emergente Comunidad Europea, la mejora de la efectividad y de la aceptabilidad de las Naciones Unidas y del Tribunal Internacional de Justicia y el creciente éxito político de todo lo relacionado con la preocupación por el medio ambiente —así como el enlace del

mundo a través del teléfono, de la televisión, del telefax y de una red integrada de ordenadores—, todo ello está funcionando en la rnisma dirección. De repente, ha surgido una poderosa serie de incentivos positivos y negativos —la zanahoria y el palo—, que arrastran y llevan a su unión a las naciones-Estado.

Dado que amenaza cada vez a un número mayor de personas y a causa de que los peligros tienen unas repercusiones globales, la perspectiva del invierno nuclear no constituye la menor de todas esas influencias. Hasta ahora, jamás en la Historia humana había existido semejante grado de vulnerabilidad compartida. En la actualidad, cada nación tiene una urgente participación en las actividades de sus naciones colegas. Y esto es ante todo verdad —a causa de que aquí el peligro es aún mayor— en el asunto de las armas nucleares. El invierno nuclear nos ha alertado respecto de nuestro mutuo peligro y de nuestra mutua dependencia. Y esto reafirma una vieja verdad: cuando matamos a nuestro hermano, nos estamos matando a nosotros mismos.

Hemos entrado en una era más prometedora, no sólo porque los muros se están derrumbando, no sólo porque el dinero y el talento científico, durante tanto tiempo dedicados a lo militar, cada vez se está haciendo más disponible para las urgentes necesidades civiles, sino también porque, al fin, nos estamos haciendo conscientes de nuestros inesperados —e incluso asombrosos— poderes sobre el medio ambiente que nos sustente. Al igual que el ataque a la protectora capa de ozono y el efecto del global recalentamiento invernadero, el invierno nuclear instituye una catástrofe amenazadora a nivel planetario, que se halla en nuestras manos evitar. Nos enseña la necesidad de previsión y prudencia mientras nos abrimos vacilantes caminos través de nuestras adolescencia tecnológica.

Desde las salas del elevado Olimpo, donde están guardadas extrañas perdiciones para los humanos, existe una razón para confiar que, también en nuestra época, exista un camino, una senda en la que ningún hombre jamás había pensado.

NOTAS Y REFERENCIAS

1.1:

Vaclav Smil, *Energy, Food, Environment: realities,Myths, Options* (Oxford: Oxford University Press, 1987). Aunque ha llamado apropiadamente la atención de la fracasada profecía científica, Smil rechazó la advertencia de que los clorofluoro-carbonos (CFC) pongan en peligro la capa de ozono, exactamente en el momento en que empezaban a hacerse disponibles unas pruebas de lo más evidente al respecto (véase nuestro capítulo IV).

2.1:

Por ejemplo, el doctor Harold A. Knapp, un funcionario de la Comisión de Energía Atómica, que investigaba las muertes Por lluvia radiactiva de miles de corderos, en Utah y Nevada, después de la explosión nuclear estadounidense en la atmósfera. En 1963, Knapp llegó a la conclusión de que la lluvia radiactiva de estroncio-90 puede abrirse peligrosamente camino a traves de la cadena alimentaria —desde los pastos a los bebés— y concentrarse luego en los huesos de los niños después de las pruebas de las bombas atómicas, sin decir nada de la guerra nuclear. La A.E.C. se apresuró a eliminar su informe y Knapp dimitió («Harold A. Knapp, experto en pruebas nuciere, mue-re a los 65», por Glenn Fowler, *New York Times,* 11 de noviembre de 1939, 33.) Existen muchos casos similares, en que se consideró más importante la continuidad de la carrera de ar-

mamento nuclear que la salud pública, todo ello en la historia reciente de la Unión Soviética, el Reino Unido, Francia, China e Israel, así como Estados Unidos.

2.2:

R.P. Turco, O. B. Toon, T. P. Ackerman, J. B. Pollack y C. Sagan, «Invierno nuclear: consecuencias globales de las explosiones nucleares múltiples», *Science 222,* 1.283-1.297. Lo de TTAPS es un acrónimo formado por los apellidos de los autores.

2.3: La primera valoración de las implicaciones políticas del invierno nuclear (Carl Sagan, «Guerra nuclear y catástrofe climática: algunas implicaciones políticas», *Foreign Affairs,* invierno 1983/1984, 257-292), llegó a las siguientes conclusiones^

a) Un ataque estratégico importante, aunque no hubiese represalia por parte de la nación adversaria, puede generar ca. tastróficas consecuencias climáticas, por lo menos a nivel de un hemisferio; si esas potenciales consecuencias se comprendiesen con anterioridad, funcionarían en el sentido de detener semejante ataque.

b) La guerra de subumbral —unos ataques nucleares de importancia previstos para disuadir la represalia nuclear por el adversario, al inyectar una cantidad exactamente determinada de finas partículas en la atmósfera de la Tierra, por lo que la respuesta climática se queda un poco por debajo del invierno nuclear— constituye una loca estrategia a causa de las intrínsecas e irresolubles incertidumbres de lo que constituye un nivel de «umbral» en el ataque.

c) Los tratados sobre materias tales como los blancos, con el propósito de disminuir el impacto climático del invierno nuclear, comportan graves y probablemente insuperables, problemas de verificación.

d) Una respuesta estrictamente militar a la perspectiva del invierno nuclear podría ser la conversión de los arsenales estratégicos a una elevada precisión, a un bajo campo explosivo y tal vez a armas taladradoras, una transición en marcha por otras razones, especialmente en el arsenal estadounidense; pero tal conversión tiene espantosas implicaciones: por ejemplo, para la

estratégica estabilidad durante el período de transición.

e) La ya dudosa controversia de que los refugios civiles y la crisis de reubicación fuesen útiles en época de guerra nuclear, cada vez se hace incluso menos creíble por la gravedad y duración de un ambiente de invierno nuclear de posguerra.

f) A causa de la inevitable filtración, la Iniciativa de Defensa Estratégica (guerra de las galaxias) no puede impedir el invierno nuclear, e incluso —al alentar los incrementos en las fuerzas ofensivas — puede hacerlo más probable.

g) Si unas armas nucleares comparativamente menores pueden generar efectos climáticos, esto proporcionaría un incentivo para otras naciones (o incluso grupos terroristas) a adquirir armas nucleares y emplearlas para la intimidación, la coerción, o la venganza. El invierno nuclear proporciona una nueva dimensión para los argumentos de detener la proliferación horizontal.

h) Dada la elevada probabilidad, si aguardamos lo suficiente, de un error humano o de las máquinas en los sistemas de elevada tecnología, y la seriedad de incluso «moderados» inviernos nucleares, la única respuesta prudente son unas masivas reducciones en los arsenales estratégicos mundiales al minimizar los niveles de disuasión, en los que es mucho menos probables que ocurra el invierno nuclear.

Esos temas han sido vueltos a discutir y se han debatido en comentarios posteriores, y se desarrollan más adelante en esta obra.

24:

D. M. Drew, F. J. Reule, D. S. Papp, D. M. Snow, P. H. B. Godwin y G. Demack, *Nuclear winter and National Security: Implications for Future Policy,* Centro de Doctrina Aeroespacial, Investigación y Educación (CADRE), Base de la Fuerza Aérea en Maxwell, Alabama (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, julio de 1986), documento 635-327, 76 páginas. En este estadio combinado Fuerza Aérea/academia, se desarrollaron las implicaciones políticas de tres posibles umbrales que deberán determinarse en futuras investigaciones, que generarían un invierno nuclear: un umbral de «elevado nivel», en el que se requiere una fracción sustancial de los inventarios estratégicos; un escenario de «mediano nivel», y un escenario de

«bajo nivel», en el que sólo se requieren unas decenas o cente nares de armas nucleares, con unos blancos apropiados, para aportar el invierno nuclear. Se ha manifestado que el escenario de alto nivel posee unas consecuencias políticas menores. El escenario de mediano nivel se afirma que desafía el papel de las fuerzas nucleares de alcance intermedio de la OTAN (INF) en la represalia nuclear contra un ataque convencional en Europa por parte de los soviéticos, para llevar, posiblemente, a «cambios radicales en los modos de las bases y las características de los sistemas [de armas]», y a fortalecer la oposición a la proliferación horizontal; por éstas y por otras razones, la mutua «asegurada destrucción [MAD] se convierte en una inaceptable opción política». El tratado INF, firmado después de este análisis, ha eliminado las fuerzas de la OTAN en cuestión, así como las correspondientes fuerzas soviéticas. El escenario de bajo nivel «podría acarrear una reestructuración radical del sistema internacional», sobre todo, a causa de que el empleo de cualquier número significativo de armas nucleares produciría unas inaceptables consecuencias a nivel mundial. En este libro argumentamos que el escenario de «bajo nivel» podría describir la realidad nuclear. Drew y sus colegas sugieren también que «el invierno nuclear proporcionaría el punto de conjunción de extraer el control de armas de la comunidad de sus zonas de estancamiento y devolverlo al escenario principal».

2.5:

R. J. Bee, C. B. Feldbaum, B. N. Garrett y B. S. Glaser, *Implications of the «Nuclear Winter» Thesis*, Informe de la Agencia de Defensa Nuclear TR-85-29-R-2 (Washington, D. C: The Palomar Corporation), 24 de junio de 1985. Este estudio suscita la perspectiva de que, a causa del invierno nuclear, «el mantenimiento de una creíble posición de disuasión por parte de los Estados Unidos tal vez requiera una reevaluación de los planes [de guerra] de Estados Unidos». También discute que «la posibilidad de un invierno nuclear hace patentes los obstáculos para la supervivencia en un medio ambiente de posguerra incluso más formidables que los primeramente previstos», y que hacer frente al «caso peor de las condiciones de invierno nuclear implica el gasto, en tiempo de paz, de un nivel inaceptablemente elevado de recursos».

2.6:

Otros análisis incluyen a Thomas Powers, «Invierno nuclear y estrategia nuclear», *The Atlantic,* noviembre de 1984 (la última frase que se puede leer es: «Para mí, el reconocimiento del problema del invierno nuclear, por espantoso que pueda ser, parece una pieza de inmensa buena fortuna en Ja undécima hora, y una señal de que la Providencia aún no nos ha dejado»); William J. Broad, «El peso de Estados Unidos acarrea el riesgo de que la guerra atómica aporte el fatal invierno nuclear», *New York Times,* 5 de agosto de 1984, 1; J. J. Gerttler, «Algunas implicaciones políticas del invierno nuclear», Informe P-7045 (Washinghon, D. C: The Rand Corporation, 1984); Philip J. Romero, «Implicaciones para Estados Unidos del invierno nuclear y estrategia nuclear soviética», Rand Corporation Graduate Institute Report P-7009-RGI, Santa Mónica, California (1984); F. P. Hoeber y R. K. Squire, «Hipótesis del invierno nuclear: algunas implicaciones políticas», *Strategic Review* (Washington, D.C.); verano de 1985, 39-46 (en la última frase se lee: «Considero que la eliminación de las bases de la... disuasión, impulsada por el pánico esparcido por los profetas del desastre, podría ser el desencadenante de la auténtica catástrofe contra la que combaten»); C. Chagas y otros, «Invierno nuclear: una advertencia», Documento 11 (Ciudad del Vaticano: Academia Pontificia de Ciencias, 23-25 de enero de 1984), 15 páginas; Dan Horewitz y Robert J. Lieber, «Invierno nuclear y el futuro de la disuasión», *Washington Quaterly, 8* (3), verano de 1985. («Incluso aunque las aseveraciones originales acerca del invierno nuclear no sean más que marginalmente correctas, las implicaciones para pensar acerca de temas estratégicos y de disuasión aún siguen siendo significativas.») *The consequences of nuclear war,* Sesiones del Comité Económico Conjunto, 96 Congreso (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1986); varias documentaciones, incluyendo transcripciones del Foro Kennedy/Hatfield acerca de las consecuencias a nivel mundial de la guerra nuclear, Senado de Estados Unidos, en *Desarment* (Nueva York: Naciones Unidas), 7 (3), 1984, 33-80; B. Weissbourd, «¿Están obsoletas las armas nucleares?», *Bulletin of the Atomic Scientists,* agosto-setiembre de 1984; *The Climatic, Biological and Strategic Effects of Nuclear War,* Sesiones del Subcomité de Recursos Naturales, Investigación agrícola y del medio ambiente, Comité del Congreso sobre Ciencia y Tecnología, 98 Congreso,

segunda sesión, Documento 126, 39-934-0 (Washington, D. C. U. S. Government Printing Office, 1985); Michael F. Altfeld y Stephen J. Cimbala, «Blancos para el invierno nuclear: un ensayo especulativo», *Parameters: Journal of the U. S. Army War Colege 15* (3), 1985, 8-15 (una publicación dedicada a encontrar un procedimiento para combatir una guerra nuclear a pesar del invierno nuclear; por ejemplo, «una guerra de contra fuerza de desgaste... muy por debajo del umbral de autodestrucción»); *Nuclear Winter and its implications,* Sesiones del Comité del Senado de Servicios Armados, 99 Congreso, primera sesión, Documento 99-478 (Washington, D. C.: U. S. Government Printing Office, 1986); F. Solomon y R. Q. Marston, eds., *The Medical implications of Nuclear war* (Washington, D.C.: Instituto Nacional de Medicina, Academia Nacional de Ciencias, 1986); Simposio sobre invierno nuclear, Real Institución británica para el Avance de las Ciencias, Londres, 2 de diciembre de 1986; George H. Quester, «Invierno nuclear: ¿malas noticias, sin noticias o buenas noticias?», en Catherine Kelleher, Frank. J. Kerr y George H. Quester, eds., *Nuclear deterrence: New Risks, New opportunities* (Washington, D. C: Pergamon-Brassey's, 1986); Peter de Leon, «Pensando de nuevo en la guerra nuclear: las implicaciones estratégicas del invierno nuclear», *Defense Analysis 3* (4), 1987, 319-336; Joseph S. Nye, «Invierno nuclear y elecciones políticas», *Survival 28* (2), 1986, 119-127 (en donde el autor revela que todas las anteriores «reacciones políticas a la teoría del invierno nuclear han fallado en el asunto». También escribe: «La perspectiva del invierno nuclear y el final de nuestra especie es algo tan tremebundo que debería tomarse en serio mucho antes de que los científicos puedan probar, exactamente, lo realista que resulta.» Alien Lynch, *Political ana military implications of the «Nuclear Winter» Theory* (Nueva York: Instituto para Estudios de la seguridad Este-Oeste, 1987), que concluye: «La teoría del invierno nuclear en sí misma desafía el auténtico concepto de victoria nuclear, rompe, de manera efectiva, la conexión entre el empleo operativo de las armas nucleares y la política exterior y de disuasión.» No damos la lista clasificada de análisis de las implicaciones políticas del invierno nuclear. (Por ejemplo: «Puedo imaginar en el futuro que, en realidad, echemos un vistazo a los escenarios del [invierno nuclear] que están, por decirlo así, muy próximos a los-planes particulares de objetivos, y los que deben tenerse como

secretos ." Richard Wagner, ayudante del secretario de Defensa para la *e*nergía Atómica, Testimonio ante el Congreso, 12 de julio de 1984, en *The Consequences of nuclear war,* citado antes, pág. 133) Existe asimismo un amplio abanico de publicaciones soviéticas sobre este tema, algunos de los cuales se listan en las refs. 13.11-13.15, y varios documentos en el volumen 18, número 7 de la publicación de la Academia de Ciencias sueca, *Ambio* (1989).

2.7:

Ha constituido una buena cosa para la integridad de la ciencia, y un signo de coraje, que unos 40 científicos de alto nivel hayan hecho públicas sus importantes estimaciones de los efectos globales atmosféricos y las consecuencias a largo plazo de la guerra nuclear. Incluso dando por supuestos los impedimentos impuestos a la opinión científica en la Unión Soviética, resulta justo suponer que en aquel bando se haya llegado a las mismas conclusiones. Aquí, pues, se encuentra una nueva base para el diálogo y para una disposición hacia la restricción. Y se trata de una disposición muy valiosa.

WILLIAM D. CAREY, «A run worth taking», editorial, *Science 222,* de diciembre de 1983 (el mismo número en que se publicó el artículo del TTAPS).

[Aunque] las visiones apocalípticas de las implicaciones de la guerra nuclear hayan sido un rasgo de discusión popular desde el alba de la era nuclear y, aunque se han realizado numerosas propuestas de vez en cuando, considerando los posibles mecanismos para un resultado extremo, tengo la impresión de que el estudio del invierno nuclear carece por completo de precedentes en la credibilidad y precisión de sus apocalípticas especulaciones. A menos que posteriores investigaciones de la hipótesis del invierno nuclear eliminen de modo convincente esas especulaciones, el estudio TTAPS debe considerarse que inaugura una nueva era en la discusión de los armamentos micleares.

En esta nueva era, la fuerza de la crítica moral de las armas nucleares, basada en las preocupaciones respecto

del destino de la especie humana, y de cualquier otro tipo de vida en el planeta como conjunto, se reconocería de un modo más amplio, incluso en círculos donde tales preocupaciones fuesen en un principio dejadas de lado como ingenuas y poco informadas.

... Si la hipótesis emergiese esencialmente intacta del intenso escrutinio científico que seguramente recibirá, en este caso la cuestión más importante con mucho es si los dirigentes políticos y militares de Estados Unidos y de la Unión Soviética reconocerán esta realidad y le concederán el peso apropiado como algo determinante de su conducta. Si lo hacen así, el mundo muy pronto se convertirá en algo mucho más seguro en virtud de los drásticamente cambiados incentivos para la iniciación de la guerra nuclear con un ataque preferente en el contexto de una crisis grave.

De «Declaración de Sidney G. Winter, profesor de Economía y Dirección, Universidad de Yale», en *The Consequences of Nuclear war: Hearings before the Subcommittee on International Trade, Finance, and Security Economics of the Joint Economic Committe, Congress of the United States,* 98 Congreso, segunda sesión, 11 y 12 de julio de 1984 (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1986), 147-148. Winter es un ex analista de la «Rand Corporation».

A menos [que las restantes] dudas puedan ser resueltas de una manera en que se demuestre de un modo concluyente que no se formarán las nubes de humo que provoquen un invierno nuclear, resulta difícil ver cómo puede constituir un peligro real el empleo de armas nucleares.

THOMAS M. DONAHUE (ex presidente del Consejo Científico Espacial, de la Academia Nacional de Ciencias), «Invierno nuclear», *Michigan Alumnus 91* (4), 1985.

La teoría del invierno nuclear puede proporcionar los estímulos para un mayor cambio paradigmático en nuestra manera de pensar acerca de la seguridad nacional [Pe-

ter C. Sederberg]... Si el estudio científico... confirmase la hipótesis del invierno nuclear, o aunque sólo la confirmase parcialmente, las implicaciones para la estrategia y las reducciones de armas se ahondarían [Martin J. Hillenbrand]... Si los recientes descubrimientos probasen, incluso remotamente, ser exactos, nos presentan unas consideraciones muy serias al enfrentarnos con la tarea de preservar la paz en los años que tenemos por delante... Si los descubrimientos de Turco y otros demostrasen ser exactos, existiría un claro requerimiento para reducir de una manera drástica el megatonelaje total ahora disponible [Robert Kennedy].

PETER C. SEDERBERG, ed., *Nuclear Winter, Deterrence and the Prevention of Nuclear War* (Nueva York: Praeger, 1986), 9, 98, 151, 160. Kennedy es el profesor general Dwight Eisenhower de Seguridad Nacional en la Academia de Guerra del Ejército.

El invierno nuclear no es sólo una teoría. Es asimismo una declaración política con profundas implicaciones morales. Si la gente cree que nuestras armas nucleares ponen en peligro no sólo nuestra existencia y la existencia de nuestros enemigos, sino también la existencia de las sociedades humanas en todo el planeta, esta creencia tendrá consecuencias prácticas... Incrementará la influencia por parte de aquellos que consideren las armas nucleares como una abominación y exijan cambios radicales en la política actual. [Freeman J. Dyson, *Infinite in All directions* (Nueva York: Harper, 1988, 259.]

Aunque manteniendo que en 1984 era aún demasiado pronto, el analista estratégico Leon Gouré (testimonio, Comité de Cencías y Tecnología del Congreso, 12 de setiembre de 1984), declaró:

si estudios y análisis adicionales confirman la hipótesis del «invierno nuclear» como constituyendo una posibilidad realista, resulta posible que, finalmente, esto pueda significar una influencia significativa en la planificación

> estratégica y en los programas de armas, así como en las negociaciones de control de armamento.

Herbert A. Simon, premio Nobel, argumentó,

> que los términos de la reserva militar han cambiado, y cambiado de manera fundamental. Una vez alertados ante este hecho, debemos proceder al instante a un examen de la realidad científica del invierno nuclear y de las implicaciones de esta realidad para nuestra política de armamentos suicidas y nuestros miedos de que un arma suicida pueda emplearse contra nosotros por un agresor. [«Disuasión mutua o suicidio nuclear», editorial, *Science,* 24 de febrero de 1984.]

David F. Emery, luego vicedirector de la Agencia de Control de Armas y Desarme de Estados Unidos, testificó ante el Congreso *(The Consequences of Nuclear War,* 12 de julio de 1984, 125, 134, 136,140,142; ref. 2.6):

> No existe duda en absoluto de que, aunque los resultados de un intercambio nuclear tengan incluso una fracción de las implicaciones que el señor Sagan y otros han presentado, naturalmente se producirá un impacto en la actitud de los dirigentes de las naciones y la opinión pública a través de todo el mundo... Estamos tratando de convencer a la Unión Soviética de que regrese a la mesa de negociaciones y se una a nosotros en un acuerdo omni-comprensivo para eliminar el enorme número de armas nucleares y avanzar hacia un equilibrio más seguro y estable en un nivel mucho más bajo. Y creo que es, exactamente la dirección en que argumenta el fenómeno del invierno nuclear... Los descubrimientos del invierno nuclear refuerzan la importancia de... negociar reducciones muy profundas, especialmente en sistemas desestabilizadores-Ésa es la forma en que imagino el impacto del invierno nuclear, como esperanzadoramente catalizadora para ambos lados para que regresen a la mesa de negociaciones... No creo que debamos aguardar 2, 5 o 10 años, o un período aún más prolongado de tiempo, para extraer conclusiones; creo que todos nosotros debemos extraer aquí una

> conclusión, y ésta es la siguiente: la mejor forma de prevenir los desastres que hemos bosquejado es, simplemente, avanzar con negociaciones nucleares al nivel más elevado posible... Aunque decidiésemos que cualquier efecto horrible del invierno nuclear fuese 10 veces peor que lo que se ha descrito, resultará imposible resolver el problema a menos que Estados Unidos y la Unión Soviética trabajen juntos en idéntico sentido.

(Poco después se reanudaron las negociaciones de control de armamentos entre Estados Unidos y la Unión Soviética, lo que llevaría, llegado el momento, al tratado INF y a los avances en el START.)

En un memorándum interno del Departamento de Estado al secretario de Estado, con fecha 16 de agosto de 1984, se lee:

> Las implicaciones de la política de Estados Unidos sobre la teoría del invierno nuclear, que están siendo discutidas por Turco, Toon, Ackerman, Pollack y Sagan, podrían ser profundas si los estudios de política de la Administración se mostrasen de acuerdo con las conclusiones de Turco y otros y/o por defecto las actitudes del Congreso y del público quedasen moldeadas por esos resultados. [Citado en *Nature,* 19 de setiembre de 1985, 129.]

Algunas de esas implicaciones se han vuelto a plantear otra vez en un editorial de cabecera del *New York Times:*

> En la actualidad, parece haber una sólida posibilidad de que una guerra nuclear, además de matar a centenares de millones de un modo inmediato, fuese seguida por un invierno nuclear que mataría a centenares de millones más. El principal mensaje es que no puede permitirse que fracase la disuasión, y mucho antes de que pueda lograrse cualquier defensa significativa, se precisa reducir los arsenales al menor tamaño posible. Hay que forzar a los gobiernos a que consideren las armas nucleares cara a cara, y ésta sería la mejor manera de arruinar su apetito por fabricar todavía más. [«Volviendo a pensar en la guerra nuclear», *New York Times,* 29 de setiembre de 1985.]

Un juicio anónimo en la publicación *Foreign Affairs:* «De una manera clara, la teoría del invierno nuclear, en la extensión en que sea válida, ha inducido a un debate significativo acerca de la prudencia del hombre de basarse en el armamento nuclear y acerca de todo el concepto de disuasión» (Invierno 1986/ 1987, 313).

Lewis Thomas escribe:

> Todo el problema del desarme nuclear se ha transformado. Ya no es un complicado rompecabezas técnico sobre el que quepa perorar o posponerse para siempre por parte de los diplomáticos y los analistas. Los descubrimientos [del invierno nuclear]... marcan un hito en los asuntos de la Humanidad, pero asimismo, según frase profética de Jonathan Schell, en el destino de la Tierra. [«De nuevo acerca del invierno nuclear», *Discover,* octubre de 1985.]

Existen también aquellos que se hallan menos impresionados con las implicaciones del invierno nuclear, como trataremos más adelante.

3.1:

> Cuando el trabajo de Sagan y sus asociados apareció por primera vez, se produjo una tormenta de controversias, así como mucha preocupación. Se celebraron conferencias, se encargaron estudios oficiales, se dedicaron números especiales de publicaciones científicas al tema, se produjeron [programas] de televisión y aparecieron mucho libros, todos en un esfuerzo por comprender y determinar la veracidad de esta extraña y nueva, aunque atrayente, visión de un próximo 'apocalipsis. [Charles W. Kegley, Jr. y Eugene R. Wirtkopf, *The Nuclear Reader-Strategy, Weapons, War,* segunda edición (Nueva York-Martin's, 1989), 254.]

Más allá de las comparativamente sedantes actividades descritas por Kegley y Wittkopf, el invierno nuclear también engendró comentarios que, con su vituperación y estrechez de

miras, han ido más allá de los límites de un educado debate. A veces, las objeciones científicas y de otra clase se motivaron a través de la honda incomodidad producida por las evidentes implicaciones políticas. Una de las más reveladoras clases de comentarios fue la opinión de que el invierno nuclear había sido inventado (no descubierto) a *fin de* influir en la política nuclear, para impedir el despliegue de los misiles Pershing II en Europa, por ejemplo (ahora por completo eliminados de acuerdo con el tratado INF), o para detener la guerra de las galaxias, o para procurar una «congelación» total en la obtención de armas nucleares y sus sistemas de lanzamiento. Resulta cierto que, a comienzos de 1984, se pudo ver que algunos parachoques de los automóviles llevaban a veces pegatinas con estas palabras: «Congelación ahora o congelación más tarde.» Pero, en nuestra opinión, creemos que el tomarse en serio el invierno nuclear implica unas *reducciones* más importantes de los arsenales, no simplemente congelarlos a niveles muy por encima de las 50.000 armas nucleares, como se argumentó apropiadamente por personas de variados pensamientos políticos, incluyendo a los conservadores (como el senador Jake Garn, «Invierno nuclear: el caso de las reducciones de armas y defensa», *Christian Science Monitor,* 21 de agosto de 1984, segunda parte, 15). Sin embargo, muchos abogados de la Congelación (por ejemplo, el ex consejero científico presidencial George Kistiakowsky) lo consideró como el primer paso hacia mayores reducciones de armamentos. Se debe detener primero el coche antes de que se despeñe, explicaron, antes de poder hacerlo retroceder.

El invierno nuclear se describió como un «engaño deliberadamente perpetrado, empleando retórica política y argumentaciones de lo más simplistas», a través de Susan G. Long, *High Frontier Newsletter,* marzo de 1988 (reimpreso en *Billy James Hargis' Christian Crusade 35* [8], marzo de 1988). Otros han imaginado que la hipótesis del invierno nuclear fue «inventada», en 1982, por razones políticas a través del «círculo interior de activistas del desarme» (Russell Seitz, «El "invierno nuclear" se derrite»; esta larga carta en las páginas editoriales del *The Wall Street Journal* [miércoles, 5 de noviembre de 1986] es notable por su desviación política, invectivas personales, citas inventadas e incomprensión de los métodos y contenido científico). Como se describe en el Apéndice C, la motivación inicial para la investigación TTAPS se suscitó a través de nuestros tra-

bajos de los años 1970 de las tormentas de polvo en Marte y las explosiones volcánicas en la Tierra, y luego, a inicios de 1980 gracias a nuestro estudio de los últimos impactos de fines del Cretácico y la extinción de los dinosaurios. Una causa más próxima fue el requerimiento, por parte de la Academia Nacional de Ciencias, en 1982, para que considerásemos las consecuencias medioambientales del polvo generado en una guerra nuclear. Nuestra habilidad y herramientas para analizar semejantes problemas evolucionaron durante una década de investigaciones, patrocinadas principalmente por la NASA y la Fundación Nacional de Ciencias. El estudio de la Academia Nacional en que participó *nuestro grupo* desde el principio, fue apoyado por la Agencia de Defensa Nacional (DNA) del Departamento de Defensa. De todo ello se desprende que existe muy poca percepción de la realidad al imaginarse a la Academia Nacional de Ciencias y el Departamento de Defensa, como formando parte de un «círculo interior de activistas del desarme». (Cf. Richard Turco, O. Brian Toon, Thomas Ackerman, James Pollack y Carl Sagan, «El invierno nuclear continúa siendo una escalofriante perspectiva», carta al director, *The Wall Street Journal,* viernes, 12 de diciembre de 1986.) En este mismo estilo:

> Lo que aquí se advierte no es ciencia sino una perniciosa fantasía que ataca los auténticos cimientos de la dirección de la crisis, que intenta transformar la doctrina de la Alianza [OTAN] de una respuesta flexible en una visión peligrosa. En realidad, el «invierno nuclear» no existe, es el nombre de un espectro, un espectro que obsesiona a Europa. Al haber fracasado en su campaña de bloquear el despliegue del teatro de armamentos [de la OTAN], los propagandistas del Pacto de Varsovia han utilizado el «invierno nuclear» en sus esfuerzos por debilitar la voluntad política de los ciudadanos de la Alianza. ¿Qué fantasía más desestabilizadora podrían soñar que la comparación del escenario de la disuasión con un global *Götterdä-merung?* ¿Qué podría ser más peligroso que invitar a la Unión Soviética a llegar a la conclusión que la Alianza está autodisuadida, y, por lo tanto, a merced de aquellos que poseen una ventaja tan ominosa en fuerzas convencionales? [Russell Seitz, «Ante el frío: el "invierno nuclear" se

derrite», *The National Interest* 5, otoño de 1986, 3-17. Este artículo se reprodujo y distribuyó por parte del Departamento de Defensa de Estados Unidos en el número del 2 de abril de 1987 de su órgano interno, *Current News.]*

De las muchas deficiencias de la teoría del invierno nuclear que evidenció la *National Review,* en aquel momento la publicación principal del ala derecha estadounidense, la primera fue que «el grupo TTAPS... ha pasado por alto explicar algo: que no hubo invierno nuclear en Hiroshima y Nagasaki». (Cf. este libro, recuadro, capítulo VII, «Hiroshima y el invierno nuclear».) El artículo concluye: «El invierno nuclear no es ciencia. Es propaganda. Y la decisión de hombres de ciencia prominentes de rebajarse a sí mismos y su apelación a las baratas emociones de la notoriedad política, no deja de ser un escándalo» (Brad Sparks, «El escándalo del invierno nuclear», *National Review,* 15 de noviembre de 1985, 28-38). Un editorial posterior declaró: «A pesar del hecho de que el invierno nuclear ha sido un fraude desde el principio... los alborotadores antinucleares han triunfado ampliamente en suscitar uno», y compara el anuncio del invierno nuclear a las tácticas de los nazis («El segundo incendio del Reichstag», *National Review,* 19 de diciembre de 1986). La misma publicación denunció el invierno nuclear en un artículo dedicado a lo que llamaba «mentira científica» (Jeffrey Hart, «La muerte de la verdad», *National Review, 7* de noviembre de 1986).

Todo esto fue seguido de un debate por las cadenas de televisión, no mencionado en esos artículos, entre uno de nosotros y el director del *National Review's,* William F. Buckley *(Nightline,* moderador Ted Koppel, «ABC-TV», 18 de julio de 1984), en el transcurso del cual Mr. Buckley dijo:

> Ésta es la pregunta crítica: ¿Debemos estar preparados para rendir la Constitución de los Estados Unidos, la Declaración de Independencia, a fin de evitar este abstracto apocalipsis que el Dr. Sagan casi parece estar celebrando? Todos en el mundo se van a morir... Todos desaparecerán irremediablemente. Y, por desgracia, la mayoría de la gente de una manera mucho más penosa que bajo un anestésico nuclear. Pero, mientras nos mantengamos firmes, no habrá una guerra nuclear. En tanto en cuanto pongamos

> en tela de juicio los principios orgánicos que se hallan detrás de nuestra defensa, aceleraremos la probabilidad de la guerra, a menos que el Dr. Sagan convenza a la Unión Soviética de que se comporte de manera racional, lo cual confiamos esperanzadamente que consiga hacer. *[Nightline,* número 833, transcripción disponible en el Apartado de Correos 234, Emisora Ansonia, Nueva York NY 10023.]

Varias de las publicaciones de Lyndon Larouche condenaron el invierno nuclear como un «fraude» y un «engaño» (por ejemplo, «La publicación CFR confirma el engaño del invierno nuclear», por Carol White, *New Solidarity,* 14 de julio de 1986: «La mentira del invierno nuclear ha sido una propaganda extendida por los soviéticos, acostumbrados a promover ilusiones en los círculos militares y en los que hacen la política de Estados Unidos, respecto de que la guerra nuclear no puede ganarse y, por lo tanto, resulta impensable.» En un número anterior de la misma publicación describe la investigación del invierno nuclear como algo muy propenso a los excesos y políticamente ingenua, algo «de moda» entre los académicos de la congelación nuclear y muchos otros, incluyendo alguno de los Laboratorios Lawrence Livermore, que «tratan de mostrar a los soviéticos que somos sinceros». [«El número de la KGB interpretado en el Senado de Estados Unidos», por Paul Gallagher, *New Solidarity,* 16 de diciembre de 1983]). Las publicaciones Larouche han denunciado asimismo el recalentamiento global y el efecto invernadero en sí como un «fraude» y un «engaño». (Por ejemplo, Rogelio Maduro, «El engaño que se encuentra detrás del "efecto invernadero"», *21st Century Science and Technology,* enero de 1989, 34; Maduro, «El efecto invernadero es un fraude», *ibíd-,* marzo de 1989, 14; «¡El "efecto invernadero" es un engaño!», *Executive Intelligence Review,* 1990, etc.)

Y, a fines de 1984, la Asociación de Defensa Civil estadounidense fue informada de que el invierno nuclear es «una de sinformación soviética»; una campaña estadounidense de «contrapropaganda y desinformación» alentada para hacer desaparecer el invierno nuclear («Los analistas afirman que los soviéticos se gastan miles de millones en difundir informaciones engañosas en Estados Unidos», por Ellen Mishkin, *Daytona Beach* [Florida] *News-Journal,* 18 de noviembre de 1984).

Aunque en muchas publicaciones derechistas sulfuró el asunto del invierno nuclear, éste fue por lo general ignorado por la izquierda. Una excepción: *The People 93* [18], 26 de noviembre de 1983, 6-7, órgano del Partido Socialista del Trabajo de Palo Alto, California (y, más tarde, *Socialist Studies,* en 1984), argumentó que cualquier esperanza de que el invierno nuclear ayudase a cambiar la política estratégica, era algo que resultaba ilusorio. Luego ofrecieron a consideración el que «resultan incorrectas las premisas de que los gobiernos de los Estados Unidos y de la Unión Soviética puedan persuadirse o ser convencidos de cualquier otra manera, por la presión pública en masa, para que abandonen la carrera de armamento nuclear y la amenaza del invierno nuclear», y que «ambos gobiernos, por su auténtica naturaleza, se hallan comprometidos en mantener la carrera armamentista y la amenaza de la guerra nuclear». Esas proposiciones no son muy diferentes de las aceptadas por numerosos analistas de la corriente principal (véase Prólogo); discutimos en el capítulo XIII que pueden en realidad no estar en lo cierto.

3.2:

Cf. el físico y consultor del Departamento de Defensa Richard Muller *(Nemesis* [Nueva York: Weidenfeld y Nicholson, 1988], 16): «Muchos científicos sensatos han sentido que... el grupo TTAPS ha mostrado que los mejores científicos del mundo, en sus reflexiones previas acerca de la guerra nuclear, posiblemente pasaron por alto, el efecto más importante y más perjudicial... Todos hemos aprendido un poco de humildad nuclear.» O el ayudante del secretario de Defensa, Richard de Lauer (en R. Jeffrey Smith, «El invierno nuclear aporta una adición a la seguridad», *Science,* 6 de julio de 1984, *225,* 30): «Tal vez todos deberíamos preocuparnos un poco más acerca de no haber reconocido un poco antes la importancia del humo en nuestros cálculos acerca de los efectos nucleares.» O bien William J. Broad (*New York Times Book Review,* 12 de agosto de 1984, 27): «La pregunta que sólo el Departamento de Defensa pede responder es por qué ha tenido que ser un grupo de civiles quien sacara a la luz estos temas.» Por cuanto podemos de-cir, de 1945 hasta 1983 no se mantuvieron reuniones, por parte del Departamento de Defensa, para considerar los efectos climáticos de la guerra nuclear provocados por el humo. No hubo

ni una sola persona de alto nivel cuyo interés (o descripción de tareas) fuese el buscar consecuencias adversas hasta el momento no descubiertas de la guerra nuclear. Y éste continúa siendo aún el caso. Asimismo, el asunto de la guerra nuclear era ya de por sí bastante malo, pensaría más de uno, y los horrores adicionales sólo desempeñarían un papel en manos de aquellos que hubieran podido prohibir la bomba.

Una sugerencia interesante de las graves consecuencias climáticas que acarrearía el polvo alzado por la guerra nuclear —aunque sin ningún cálculo al respecto— lo proporcionó un informe de 1965 del «depósito de inteligencia» del Departamento de Defensa:

> Si se produjera una guerra lo suficientemente importante [más de 10.000 megatoneladas], y si las incertidum-bres científicas se decantasen hacia el lado más desfavorable, no constituye algo en absoluto inconcebible que se desencadenara una nueva Era Glacial. Sin embargo, lo más probable serían unas consecuencias climáticas menos dramáticas, como un azote temporal de frío con temperaturas que alcanzasen, de promedio, unos cuantos grados por debajo de lo normal. [Robert U. Ayres, *Environmental Effects of Nuclear Weapons,* volumen 3, Resumen, Informe del Instituto Hudson, HI-518-RR2 de diciembre de 1965. Cf. la valoración de John von Neumann en «Invierno nuclear, principios de la historia y prehistoria», recuadro, capítulo III.]

Los efectos climáticos fueron brevemente aludidos en un estudio de 1975 de la Academia Nacional de Ciencias estadounidense *(Long-Term Worldwide effects of Multiple Nuclear-Weapons Detonations* [Washington, D. C: Academia Nacional de Ciencias, 1975]), que se hallaba preocupada sobre todo por la desaparición del ozono a causa de una guerra nuclear. El informe consideró sólo el polvo, no el humo, y llegó a la conclusion de que los efectos climáticos serían comparables a los producidos por los volcanes:

> La inyección de polvo en la estratosfera procedente de un intercambio nuclear de 10.000 megatones sería comparabie a la de una gran explosión volcánica, como la del

> Krakatoa de 1883 y, por lo tanto, tendría un impacto climático similar. A lo sumo, cabría esperar una desviación de 0,5 °C, respecto de la temperatura media, y con una duración de unos pocos años.

Incluso sólo para el polvo, esta estimación sería mucho más baja (ref. 2.2). Sin embargo, el estudio prevenía que «no deberían descartarse unos cambios climáticos de una naturaleza mucho más dramática».

En 1978, la Agencia de Control y Desarme de Estados Unidos publicó un informe titulado *Frequently Neglected effects in Nuclear Attacks.* Se pasó por alto el invierno nuclear.

El físico Edward Teller, que ha desempeñado un papel continuado y central en el desarrollo de las armas nucleares estadounidenses desde los años 1940, de manera ocasional sugiere que él, o los científicos que trabajan bajo su dirección en el Laboratorio Nacional Livermore de diseño de bombas, habían descubierto el invierno nuclear muchos años antes. (Por ejemplo, *The climatic, biological and Strategic Effects of Nuclear War),* Sesiones, Subcomité de Recursos naturales, Investigaciones de Agricultura y Medio ambiente, Comité de Ciencia y Tecnología, Cámara de representantes de Estados Unidos, 12 de setiembre de 1984 [Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1985]; «Invierno nuclear: efectos de la guerra atómica», *Nightline,* «ABC-TV», 1 de noviembre de 1983.) Si esto es cierto, resulta una auténtica inconsciencia: retener información vital al pueblo norteamericano, especialmente cuando el conocimiento de estos hechos hubiera podido influir en la política pública. Incluso si lo que Teller afirma haber descubierto fuese sólo una *alusión* a una catástrofe climatológica, insuficientemente segura para justificar una publicación científica o un anuncio público, resulta inconcebible que no prosiguiera dentro de esta línea de investigaciones, y sorprende que el inforrne de 1975 de la Academia Nacional, acerca de las consecuencias a largo plazo de la guerra nuclear —que extrajo de la sabiduría científica colectiva de la nación—, no contenga nin-gún indicio de los supuestos descubrimientos de Teller. Algo parecido, Lowell Wood, un cercano asociado de Teller, en la publicación de un simposio, estimó en 1 °C el enfriamiento a partir del polvo y un «pequeño» impacto por los incendios causados por una guerra nuclear de importancia [Wood, «Preocu-

paciones acerca de las implicaciones de una guerra nuclear a gran escala: el destino actual de la Tierra», publicación preparada para la Segunda Conferencia Internacional de Prevención de la Guerra Nuclear, Erice, Italia, 19-23 de agosto de 1982; notas de la conferencia amablemente facilitadas por el Dr. Wood] Véase asimismo Richard Garwin, en *International Seminar on Nuclear War, 3rd. Session: The Technical Basis for Peace* [Frascati, Italia: Servizio Documentazione dei Laboratori Nazionali di Frascati dell'lNFN, 1984], 185-186. De cualquier forma, los comentarios de Teller son curiosos y turbadores. (Véase también Teller, ref. 3.3.)

El punto de vista de algunos científicos en Livermore y en otras partes, tras la presentación pública, fue descrita por el físico de Livermore, Joseph B. Knox, en 1985:

> En el momento apropiado, deberíamos plantear la pregunta: ¿qué sabe la gente acerca del invierno nuclear? El profesor [Serguéi] Kapitza hizo esta pregunta el pasado mes de agosto en Moscú; dijo: «¿Cuándo presentaremos ante el público todo cuanto hemos discutido?» Y, afortunadamente, he escuchado lo bastante a menudo al Dr. Teller como para haber aprendido que existen momentos para hacer zig y otros para hacer zag. La respuesta fue: «He venido sólo como científico particular de Estados Unidos, y no puedo responder a la pregunta por nuestro Gobierno.» Y lo que es más, tampoco deseo responder a la pregunta en este momento como científico. (Knox, «Consecuencias climáticas de la guerra nuclear», Grupo de trabajo núm. 1, documento preparado para su publicación en *Proceedings, International Seminar on Nuclear war,* Erice, Italia, 19-24 de agosto de 1985 [Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, prepublicación UCRL-93760, diciembre de 1985].)

Estas observaciones se realizaron casi dos años después de que se hubieran producido unas amplias y extensas discusiones *públicas* a nivel mundial acerca del invierno nuclear.

Este punto de vista queda ejemplificado en los comentarios de G. Rathjens y R. Siegel *(Issues in Science and Technology I,* 1985, 123-128) y de E. Teller *(Nature 310,* 1984, 621-624). Para

una refutación, véase C. Sagan *(Nature 317,* 1985, 485-488). Cf. asimismo la información del estratega Colin Gray, «La carga de la prueba, para ser prudentes, debe descansar en aquellos que podrían alegar que una guerra nuclear no desencadenaría un invierno nuclear» (en R. Hardin, J. Mearsheimer, G. Dworkin y R. Goodin, eds., *Nuclear Deterrence: Ethics and Strategy* [Chicago: University of Chicago Press, 1986], 297).

3.4:

Por ejempo, T. Slingo *(Nature 336,* 1988, 421): «El estímulo del invierno nuclear ha conducido a un trabajo práctico en el tratamiento del transporte de aerosoles, vertederos y transferencias radiactivas en modelos numéricos, así como en proporcionar perspectivas acerca de la importancia del acoplamiento radiactivo-convectivo.» A su vez, estos trabajos han mejorado nuestra comprensión del recalentamiento global invernadero, así como los efectos climáticos de los incendios forestales y las explosiones volcánicas.

3.5:

Véase, por ejemplo, Bruce Fellman, «El invierno nuclear procede del frío: cinco años después de que el público quedase conmocionado por primera vez por el mismo, la visión apocalíptica emerge como una herramienta útil en el estudio del cambio climático global», *The Scientist 3* (9), 1 de mayo de 1989, 1, 18-19; A. B. Pittock, «Catástrofes climáticas: los efectos locales y globales de los gases invernadero y del invierno nuclear», en *Natural and Man-made Hazards,* M. I. El-Sabh y T. S. Murphy, eds. (Dordrecht, Países Bajos: Reidel, 1988). La perspectiva del invierno nuclear también ha llevado a una serie de talleres regionales sobre el cambio climático, incluyendo a científicos biólogos y expertos agrícolas, ramificándose más tarde también Para incluir los cambios climáticos procedentes de otras fuentes, en especial el recalentamiento invernadero. Esos estudios regionales, así como el proyecto PAN-EARTH (Red de valoraciones de predicción para las respuestas económicas y agrícolas a las actividades humanas), bajo la dirección general de Mark Harwell, de la Universidad Cornell. Entre sus numerosas virtudes, este proyecto llama la atención de los científicos y agentes gubernamentales de todo el mundo hacia los problemas de los cambios en el clima y la desaparición del ozono. En la actuali-

dad existen también estudios de investigación del proyecto PAN-EARTH en China, Japón, Venezuela y el África subsaha-riana. Se desarrollaron asimismo talleres técnicos en Saly, Senegal, 11-14 de setiembre de 1989, y en Maracay, Venezuela 13-16 de noviembre de 1989.

3.6:

Por ejemplo, en comentarios editoriales de J. Maddox *(Nature 307,* 1984, 107 [pero véanse también réplicas, *Nature 311,* 307-308; *317,* 1985, 21-22]), y S. F. Singer *(Science 227,* 356 [pero véanse también réplicas, *Science 227,* 1985, 358, 360, 362,444]). Véase asimismo ref. 3.3 Maddox, que durante muchos años ha sido el director de la publicación técnica británica *Nature,* es asimismo autor de un libro titulado *The Doomsday Syndrome* (Nueva York: McGraw-Hill, 1972), que arroja un poco de luz sobre algunas de las predisposiciones sobre las que él lleva a cabo el análisis del invierno nuclear; cree que las profecías de desastre son

> en el mejor de los casos seudociencia. Su error más común radica en suponer que lo peor siempre llega a suceder... Este libro es un intento por mostrar por qué esas profecías no deben mantener a la gente despierta por las noches... La preocupación más seria respecto del síndrome del Fin del Mundo es que socavará nuestro espíritu.

(Cf. nuestro capítulo I y ref. 1.1.)

3.7:

En la actualidad existe publicado un cuerpo sustancial de trabajo científico internacional acerca del tema del invierno nuclear, la mayor parte del cual se recoge en referencias más adelante (por ejemplo, refs. 3.8, 3.10, 3.11, 3.13, 3.14, 3.16 y Apéndice B; véase asimismo recuadro, «Incendios forestales,' polvo marciano e invierno nuclear», capitulo III), pero también no incluyen, por ejemplo, la Real Sociedad del Canadá, «Invierno nuclear y efectos asociados», Ottawa, 31 de enero de 1985 382 págs. «Creemos que el invierno nuclear constituye una midable amenaza... Hemos llegado a la conclusión de que la . hipótesis del invierno nuclear debe, en efecto, modificar la posición estratégica global... Canadá tendría que considerar de for-

ma inmediata las consecuencias militares, estratégicas y sociales.»

3.8:

S. L. Thompson y S. Schneider, «Nueva valoración del invierno nuclear», *Foreign Affairs,* verano de 1986, 981-1005; carta, *Foreign Affairs,* otoño de 1986, 171-178. Cálculos adicionales por S. L. Thompson, V. Ramaswamy y C. Covey, «Efectos atmosféricos de aerosoles de la guerra nuclear en las simulaciones del modelo de circulación general: influencia de las propiedades ópticas del humo», *Journal of Geophysical Research 92,* 1987, 10942-10960 —en el que el humo es inyectado de acuerdo con el perfil recomendado por el Consejo Nacional de Investigaciones (véase figura 2), aunque más bajo que en TTAPS y SCOPE— muestra descensos de temperatura terrestre un 50 % mayores que en los cálculos originales del «otoño». Thompson y Schneider declararon: «En un intento por contrastar las más suaves de nuestras declaraciones con las más alarmantes de Cari Sagan, algunos analistas han representado mal nuestras respectivas posiciones.»

3.9:

Han de tenerse en cuenta los puntos siguientes, para comparar el caso típico TTAPS con otros cálculos más recientes de modelo climático global. 1) En el caso típico de TTAPS (que incluye una masa considerable de polvo estratosférico —producido por las explosiones de alta concentración—, que, por lo general, se han pasado por alto en los modelos más recientes de circulación general), los descensos máximos en las temperaturas terrestres, debajo de unas amplias capas de humo, son de unos 35 °C; los descensos de temperatura promedio con el transcurso del tiempo fueron, naturalmente, menores; 2) Bajándose en la climatología de la atmósfera sin perturbaciones, TTAPS estimó, de una manera explícita, que el efecto térmico de los océanos podría reducir la temperatura promedio de las latitudes medias en un 30 % respecto de las interiores continentales, y las temperaturas costeras descenderían en un 70 %, por debajo de los valores para un planeta hipotético que sólo tuviera masas terrestres. (De un modo extraño han existido alegaciones de que el TTAPS no hacía referencia a la influencia moderadora de los océanos.) Los descensos de temperaturas en

las islas y en las zonas costeras serían de unos 25 °C y 10 °C respectivamente, con un descenso de la temperatura terrestre media de unos 15 a 17 °C. 3) Dado que el TTAPS dio por supuesto un «promedio estacional» de la intensidad de la luz solar, los descensos máximos de temperaturas previstos llegaría a ser de 5 a 10 °C mayores en verano, implicando bajadas de temperatura, *grosso modo,* de 20 a 25 °C de promedio sobre la tierra debajo el humo. 4) Para las inyecciones de humo a baja altitud, Thompson y Schneider (ref. 3.8) tuvieron en cuenta las zonas terrestres en verano de las latitudes medias, con un promedio de descenso de temperatura debajo del humo de unos 10 a 12 °C. 5) Con inyección de humo ya a más altas altitudes, Thompson y Schneider hicieron los cálculos para descensos medios de temperatura en verano en las zonas terrestres de unos 13 a 17 °C. Thompson y Schneider también previeron un máximo de descensos de temperatura terrestre de hasta 30 °C. 6) Para un equivalente del perfil de inyección de humo TTAPS, espesor total de aerosoles e índice de desaparición del humo, existe un promedio de descensos de temperatura superficial debajo del humo de unos 20 °C, según cabe esperar del modelo de Thompson y Schneider (en comparación con unos 20 a 25 °C, en el caso del modelo típico TTAPS original). Todo esto constituye unos buenos puntos de acuerdo. Resultados similares han sido también conseguidos en el Laboratorio Nacional Livermore (S. J. Ghan, M. C. MacCracken y J. J. Walton, «La respuesta climática a grandes inyecciones de humo en la atmósfera: estudios de sensibilidad con un modelo de circulación general troposférica», *Journal of Geophysical Research 93,* 1988, 8315-8337).

3.10:

El Consejo Nacional de Investigaciones (NCR) de la Academia Nacional de Ciencias estadounidense, *Effects on the Atmosphere of a Major Nuclear Exchange* (Washington, D. C: National Academy Press, 1985). Este informe, que subraya las incertidumbres en aquel tiempo respecto de la teoría del invierno nuclear, llega, no obstante, a la conclusión de que existe «una clara posibilidad» de catástrofe climática después de un intercambio central con armas atómicas.

3.11:

SCOPE (Comité Científico sobre problemas del Medio

biente del Consejo Internacional de Uniones Científicas), informe 28, *Enviromental Effects of Nuclear war,* volumen I, *Physical and Atmosferic Effects,* A. Pittock, T. Ackerman, P. Crutzen, M. ¡VlacCracken, C. Shapiro y R. Turco 1986, y volumen II, *Ecological and Agricultural Effects,* M. Harwell y T. Hutchinson (Chichester: John Wiley, 1985).

3.12:

En varios comentarios públicos y en discusiones privadas, Simposio sobre cambios climáticos a nivel global, Sundance, Utah, 24 de agosto de 1989. Véase asimismo «El estudio del hollín proporciona nuevos escalofríos en el "invierno nuclear"», por William Booth, *Washington Post,* 22 de junio de 1989. Schneider escribe:

> Creo que la conclusión individual más importante, a partir de la tarea que se ha estado llevando a cabo durante cinco años, desde el artículo de TTAPS, es el extendido consenso que se ha desarrollado en relación con que los efectos «indirectos», en el medio ambiente y en la sociedad, de una guerra nuclear es muy probable que alcance suma gravedad.
>
> ... [La gravedad] es tan sustancial, que sus implicaciones, tanto para ambos combatientes como para las naciones no combatientes han de ser considerados a los más altos niveles políticos... Los que trabajaron, en 1983, para hacer llegar el problema hasta un público más amplio han cumplido un servicio importante, tanto para la Humanidad como para la ciencia. [Stephen H. Schneider, editorial, *Climatic Change 12* 1988, 215-219.]

3.13:

R. P. Turco y G. S. Golitsyn, «Efectos globales de la guerra nuclear: Informe de situación» (SCOPE, Resumen final), *Environmental 30,* 1988, 8-16; I. Colbeck y Roy M. Harrison, «Los efectos atmosféricos de la guerra nuclear: revisión», *Atmospheric Environment 20,* 1986, 1673-1681 («Todos los estudios muestran un gran potencial de cambios climáticos de consideración como resultado del humo inyectado por extensos incendios posnucleares..., los modelos unidimensionales fueron de lo más correcto para establecer la posibilidad de perturbaciones a gran escala a continuación de una guerra nuclear.»)

3.14:

«Clima y humo»: valoración del invierno nuclear, R. P. Turco, O. B. Toon, T. P. Ackerman, J. B. Pollack y C. Sagan, *Science 247,* 1989, 166-176. Este trabajo fue denominado TTAPS II. Un informe de Prensa que describía esos resultados como un cambio a partir de una estimación de 1983 del descenso de temperatura de 15 a 25 °C, hasta una estima de 1989 con un descenso de 10 a 20 °C —una diferencia insignificante dada la naturaleza del problema— fue objeto de unos titulares en el *New York Times* del tipo «Los teóricos del invierno nuclear dan marcha atrás» (Malcolm W. Browne, 23 de enero de 1990, B5, B9. Cf. C. Sagan y R. Turco, «Aún no hay que bajar la guardia respecto del invierno nuclear», *New York Times,* 5 de marzo de 1990). Véase asimismo *ídem,* «Invierno nuclear: física y mecanismos físicos», *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* (1991).

3.15:

G. S. Golitsyn y N. A. Phillips, *Possible Climatic consequences of a major nuclear war,* Informe del Programa del Clima mundial WPC-1429 Ginebra: Organización Meteorológica Mundial, 1986 G. S. Golitsyn y M. C. MacCracken, *Possible climatic consequences of a Major Nuclear War,* Organización Meteorológica Mundial, documento técnico 201 (Ginebra: Organización Meteorológica Mundial, 1987). Cada informe se escribió en colaboración por un científico atmosférico soviético y otro estadounidense.

3.16:

H. A. Nix y otros, «Estudio sobre el clima y otros efectos de la guerra nuclear: Informe del Secretario general». Naciones Unidas, Asamblea General, Documento *A/43/351* 5 de mayo de 1988:

> Parece evidente que nadie escaparía a las espantosas consecuencias de una guerra nuclear importante aunque[e] el teatro del conflicto quedase geográficamente restringido a una parte pequeña del hemisferio Norte... Los efectos directos de un intercambio nuclear importante matarían centenares de millones de personas los efectos indirectos matarían miles de millones

3.17:

«El Efecto Invernadero: impactos sobre la temperatura global actual y olas regionales de calor», por J. E. Hansen. Testimonio ante el Senado de Estados Unidos, Comité de Energía y Recursos naturales, 23 de junio de 1988; J. Hansen, I. Fung, A. Lacis, D. Rind, S. Lebedeff, R. Ruedy, G. Russell y P. Stone, «Cambios climáticos globales como previsión del Instituto Goddard de Estudios espaciales: modelo tridimensional», *Journal of Geophysical Research* 93, 1988, 9341-9364.

3.18:

Aunque los cambios invernadero son mucho más penetrantes, y afectan incluso a lo más hondo de los océanos, y durarían más (décadas o siglos, en vez de meses o años).

3.19:

Hugh Clevely, *Famous Fires: Notable conflagrations on land, sea and in the air, none of which should ever have happened* (Nueva York: The John Day Company, 1957), 141; H. Wexler, «El gran palio de humo: 24-30 de setiembre de 1950», *Wea-therwise 3,* 129-134, 142; E.M. Elsey, «El humo del incendio del bosque de Alberta: 24 de setiembre de 1950», *Weather 6,* 1951, 22-25; V. B. Shostakovich, «Conflagraciones forestales en Siberia», *Journal of Forest 23,* 1925, 365-371; N. N. Veltishchev, A. S. Ginsburg y G. S. Golitsyn, «Efectos climáticos de los grandes incendios», *Izvestia-Atmospheric and Ocean Physics 24,* 1988, 296-304; Alexander S. Grinzburg, «Algunos efectos atmosféricos y climáticos de la guerra nuclear», *Ambio 18* (7), 1989, 384-390; A. W. Brionkman y James McGregor, «Radiación solar en Jos densos aerosoles saharianos del Norte de Nigeria», *Quarterly Journal of the Royal Meteorologicall Society 1089,* 1983, 831-847; G. S. Golitsyn y A. K. Shukurov, *Doklady* (Actas, Academia de Ciencias Soviética), *297,* 1987, 1344; Y.-S. Chung y H. V. Le,"Detección de los penachos de humo de incendios forestales por imágenes de satélite», *Atmospheric Environment 18,* 1984, 2143-2151; A. Robock, «Efectos sobre la temperatura superficial de los penachos de humo de los incendios forestales», en *Aerosols and Climate,* P, V. Hobbss y M. P. McCormick, eds.

Hampton, VA: Deepak Publ. [1988]; A. Robock, «Importancia del enfriamiento superficial debido al humo de los incendios

forestales», *Science 242,* 1988, 911-913; A. Robock, «Efectos del humo de los incendios forestales sobre las temperaturas superAciales del aire», Conferencia Chapman sobre incendios globales de la biomasa, Williamsburg, VA., 19-23 de marzo de 1990 T. Y. Palmer, «El humo de los incendios forestales tropicales del Oeste del Pacífico acarrea un recalentamiento troposférico», *ibid;* J. B. Pollack, O. B. Toon. C. Sagan, A. Summers, B. Baldwin y W. Van Camp, «Explosiones volcánicas y cambio climático: una valoración teórica», *Journal of Geophysical Research 81,* 1976, 1071-1083; *ídem,* «Aerosoles estratosféricos y cambio climático», *Nature 263,* 1976, 551-555; J. Tillman, Universidad de Washington, datos Viking, comunicación privada 1988; P. M. Anderson y otros, «Cambios climáticos de los últimos 18.000 años: Observaciones y modelos simulados», *Science 241,* 1988, 1043-1052.

4.1:

A partir de una multitud de ejemplos modernos: «El incendio en una discoteca mata 43 personas en España: muertes achacadas a los humos tóxicos», despacho de la Reuter, *International Herald Tribune,* 15 de enero de 1990, 10:

> Los bomberos afirman haber encontrado varios cadáveres reclinados en los sillones..., lo cual indica que las víctimas se vieron atacadas con tanta rapidez que no pudieron ni siquiera intentar escapar.

O bien, asimismo, las circunstancias del incendio del «Happy Land Social Club», en el Bronx, Nueva York, el 25 de marzo de 1990, tal y como se describen en «El humo tóxico mató a algunos en segundos», por Natalie Angier, *New York Times,* 27 de marzo de 1990:

> El sofocante humo negro que encontraron los bomberos probablemente transportaba aldehidos, cianuros y otras toxinas desprendidas del incendio de la madera, del plástico y del linóleo. Dichas toxinas pueden desencadenar en una persona un ataque parecido al asma, produciéndole un espasmo tan intenso de los tubos bronquiales que éstos dejan de funcionar... [Asimismo], cuando las concentraciones de monóxido de carbono alcanzan en

> una estancia un nivel crítico, la muerte, por lo general, se produce en cosa de dos minutos.

4.2:

Newsweek, 20 de enero de 1984, citado por J. Robert Dille, director del Instituto Aeromédico de la Administración Federal de Aviación Civil (CAMI), en la ciudad de Oklahoma.

4.3:

Según el testimonio del 5 de abril de 1946 de Rudolf Hoess, comandante de Auschwitz, el Zyklon B era

> vertido en la cámara de la muerte desde una pequeña abertura. Empleaba de 3 a 15 minutos en matar a la gente en la cámara de la muerte, dependiendo de las condiciones climáticas. Sabíamos cuándo la gente estaba muerta porque cesaban sus gritos... Por lo general, aguardábamos media hora antes de abrir las puertas... [«Informe final por los Estados Unidos de América para (el Tribunal Supremo de Justicia) por Robert H. Jackson, representante y jefe del Consejo por los Estados Unidos de América», Tribunal de Nuremberg. Del Jefe de la Oficina de Estados Unidos del Consejo para la acusación de la criminalidad del Eje, *Nazi Conspiracy and Aggression, Suplement A* (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1947).]

Hoess, al que no se debe confundir con el suplente del Führer, Rudolf Hess, era un burócrata metódico, aparentemente no afectado en absoluto por los horrores por él perpetrados.

4.4:

C. Barry Commoner, *Making Peace with the Planet* (Nueva York: Pantheon, 1990).

4.5:

La primera mención de los elementos químicos tóxicos liberados por los incendios provocados en una guerra nuclear, es, al parecer, la importante publicación de Paul Crutzen y John Birks, «La atmósfera tras una guerra nuclear: a media luz en pleno mediodía», *Ambio 11* (2-3), 1982, 114-125. Sin embargo,

sólo se mencionaron los óxidos de nitrógeno y los hidrocarbo-nos, «los ingredientes de la niebla fotoquímica». Véase también J. W. Birks y S. K. Stephens, «Posible medio ambiente tóxico después de una guerra nuclear», en la ref. 12.1.

4.6:

A pesar de la potencial peligrosidad de las pirotoxinas después de una guerra nuclear, sabemos que no se han dedicado estudios serios al fenómeno por parte de ninguno de los organismos militares a nivel mundial.

4.7:

Robert Scheer, *With enough shovels* (Nueva York: Random House, 1982).

4.8:

Por ejemplo, «La potente bomba B-53 procede de las bolas de naftalina», *Washington Times,* 5 de agosto de 1987. Esas armas de 9 megatones se afirmó que se necesitaban para atacar los refugios subterráneos de los dirigentes soviéticos. (Véase recuadro, capítulo XI.)

4.9:

G. Glatzmaier y R. Malone, Taller SCOPE de Moscú, 21-25 de marzo de 1988; S. Thompson y P. Crutzen, Agencia de Defensa Nuclear, Reunión sobre efectos globales. Santa Bárbara, California, 9-12 de abril de 1988; C.-Y. Kao, G. A. Glatmaier, R. C. Malone y R. P. Turco, «Simulacro global tridimensional de la disminución del ozono bajo condiciones de posguerra nuclear»-*Journal of Geophysical Research* (1990). Esos cálculos emplean modelos tridimensionales de la circulación atmosférica con una fotoquímica del ozono simplificada. Glatmaier y Malone también demostraron de modo cuantitativo que la reacción del ozono estratosférico con el hollín no reduciría de manera significativa la abundancia de hollín (o el resultante efecto climático), basándose en los nuevos datos de reacción química en laboratorio (S. L. Stephens, J. G. Calvert y J. W. Birks. «El ozono como sumidero para los aerosoles del carbono atmosférico, hoy-y después de una guerra nuclear», *Aerosol Science and Technology 10,* 1989, 326-331; S. L. Stephens, M. J. Rossi y D. M. Gold^{G}J den, «La heterogénea reacción del ozono sobre superficies car-

bonadas», *International Journal of Chemical Kinetics 18,* 1986, 1133-1149).

4.10:

D. Lubin, J. E. Frederick y A. J. Krueger describen cómo el flujo de la peligrosa radiación UV-B aumenta a medida que disminuye la capa de ozono: «La radiación ultravioleta medioambiental de la Antártida», *Journal of Geophysical Research 94* (1989), 8491-8496. Parecen claros sus devastadores efectos sobre el fitoplancton marino. Muchos otros aspectos de los efectos de un incremento de luz ultravioleta sobre los organismos, necesitan todavía de más investigaciones. Véase, por ejemplo, T. E. Graedel, «Efectos del aumento de los rayos ultravioleta». *Nature 342,* 1989, 621-622; R. R. Jones y T. Wigley, eds. *Ozone depletion: health and environmental consequences* (Londres: Wiley, 1989). (Véase asimismo ref. 6.3.)

4.11:

Tras el descubrimiento del invierno nuclear, la postura de la Agencia de Defensa Nuclear, de los laboratorios de armamentos y de la Casa Blanca fue poco decidida respecto de apoyar un estudio más importante de los efectos biológicos, ni de sus sinergias. Alegaron la falta de seguridad de nuestros conocimientos acerca de los resultados físicos de una guerra nuclear. Nosotros argumentamos que, en un asunto de tanta importancia, el modo de hacer frente a las incertidumbres de los efectos físicos consistía en estudiar los efectos biológicos de un abanico de ataques contra el medio ambiente de diversa gravedad. Luego aprendimos lo serias que resultaban las consecuencias en el medio ambiente de una guerra nuclear. Esta argumentación no fue recibida con entusiasmo. Creemos que lo que se precisa es un estudio sistemático de los ecosistemas natural y agrícola, con un amplio ámbito de frío, oscuridad, pirotoxinas, radiactividad y irradiación ultravioleta introducida. Las investigaciones podrían efectuarse bajo unas condiciones cuidadosamente vigiladas en el campo, así como en unos terrarios y acuarios grandes. Y es probable que se consiguiesen muchos conocimientos ecológicos fundamentales, puesto que nunca se han efectuado unos experimentos sistemáticos, cambiando, al principio, sólo una variable de cada vez. Pero, y lo que es más importante, tales estudios proporcionarían una mucho mejor

comprensión de las consecuencias biológicas de la guerra nuclear. Las anteriores observaciones resultan críticas para el programa de investigación estadounidense del invierno nuclear que conocemos mejor, pero creemos que se aplica igualmente bien en los programas de investigación de los otros Estados provistos de armamento nuclear. (Véase también ref. 6.5.)

5.1:

J. John Sepkoski, Jr. «Revisión fanerozoide de la extinción en masa», en D. M. Raup y D. Jablonski, eds., *Patterns and Process in the History of Life* (Berlin: Springer Verlag, 1986), y comunicación privada, 1985.

5.2:

Un ejemplo de los primeros:

> Un científico describió como una tontería el hablar de la destrucción de la raza humana a través de la energía atómica: Diariamente [el mundo] aumenta en población igual a las bajas producidas por la bomba de Nagasaki. Los materiales fisionables son tan raros que parece de lo más improbable que puedan jamás emplearse para alterar el clima. [Resumen de una reunión científica, *Journal of the British Interplanetary Society 7* (6), noviembre de 1948, 233.]

Similares preocupaciones acerca de esas «tonterías» fueron objeto de comentarios en los años 1950 y principio de los 1960 en lo que respecta a la lluvia radiactiva, los accidentes de las centrales e instalaciones nucleares y de la amenaza que plantea la guerra nuclear para la capa de ozono.

5.3:

Herman Kahn, *On Thermonuclear war,* segunda edición (Wesport, Conn.: Greenwood Press, 1961), 96, 149.

5.4:

Por ejemplo, «muchos de nosotros hemos sentido que incluso una guerra termonuclear de lo más confinada constituye ya un desastre inaceptable, algo moralmente tan malo que nada, realmente, podría considerarse peor» (George Quester, en ref. 2.6)-

Un intento de afrontar las implicaciones políticas de la extinción, fue el realizado por Joseph S. Nye, Jr., *Nuclear Ethics* (Nueva York: Free Press, 1986):

«A partir del hecho de que la extinción sea una ilimitada consecuencia, no se deduce que incluso una pequeña probabilidad resulte tolerable, y que nuestra generación tenga derecho a correr riesgos» (pág. 64). A Nye se le atribuye el argumentar que «la pregunta correcta» no es «¿Qué posee el suficiente valor como para defenderlo al coste de la supervivencia de nuestra especie?», sino «¿Vale la pena defender nuestra forma de vida incluso corriendo el riesgo de que la especie quede destruida desde uno cada diez mil a uno de cada mil, durante cierto período de tiempo?» (Peter Grier, «¿Constituye una pérdida de tiempo el demostrar el terror de una guerra nuclear global?», *Christian Science Monitor,* 10 de noviembre de 1986.) El problema no menor de los de esta argumentación lo constituye el hecho de que no tenemos la más mínima posibilidad de llevar a cabo semejante estimación de probabilidades con la adecuada fiabilidad.

5.6:

> Empecé a verme involucrado con objetivos nucleares en 1954. Lo que me quedó en aquel entonces más claro fue que la cosa más sencilla que cabía hacer era destruir ciudades... Y, a la inversa, la cosa más difícil de llevar a cabo era el proteger a las ciudades de un ataque... Estimo que el 2 % de las fuerzas de cada bando, al impactar en las ciudades del otro lado, causarían daños catastróficos en la mayoría de las zonas urbanoindustriales. Para esto sólo hay que emplear unos cuantos centenares de armas, y probablemente no más de un par de centenares, para impactar y causar un daño grande, muy grande. [General David C. Jones, ex presidente de la Junta de Jefes de Estado Mayor, en un testimonio ante el Comité de Servicios Armados del Senado, 30 de marzo de 1987.]

5.7:

Desmond Ball, *Déjà Vu: The return to counterforce in the*

Nixon Administration (Santa Mónica, Seminario de California sobre Control de armamentos y Política exterior, 1974, *l\\.* también *International Herald Tribune,* 9 de mayo de 1978.

5.8:

Anthony Cave Brown, ed., *Operation World War III: The Secrete American Plan «Dropshot» for war with the Soviet Union* (Londres: Arm and Armour Press, 1978). [Edición estadounidense, *Dropshot* (Nueva York: Dial, 1978)]; David Alan Rosenberg, «Estrategia atómica estadounidense y la decisión de la bomba de hidrógeno», *Journal of American History 46,* 1979 62-87.

5.9:

R. P. Turco, «Síntesis de los riesgos de lluvia radiactiva en una guerra nuclear», *Ambio 18* (7), 1989, 391-394. Véase asimismo TTAPS (ref. 2.2) y ref. 3.11.

5.10:

Para guerras nucleares a una escala menor, si ello es posible, véase W. H. Daugherty, B. G. Levi y F. N. von Hippel, «Las consecuencias de ataques nucleares "limitados" contra Estados Unidos», *International Security 10,* 1986, 3-45; B. G. Levi, F. N. von Hippel y W. H. Daugherty, «Bajas civiles en un ataque nuclear "limitado" sobre la Unión Soviética», *ibíd., 12,* 1987, 168-189. Véase asimismo W. M. Arkin, B. G. Levi y F. von Hippel, «Las consecuencias de una guerra nuclear "limitada" en Alemania Oriental y Occidental», *Ambio 9* (2-3), 1982, 163-173 y *addendum, ibid., 12,* 1983, 57.

5.11:

Ambio 11 (2-3), 1983; S. Bergstrom y otros, «Efectos de una guerra nuclear sobre la salud y los Servicios de Sanidad» (Roma: Organización Mundial de la Salud (OMS), publicación A 36.12, 1983); Organización Mundial de la Salud, «Efectos de una guerra nuclear sobre la salud y los Servicios de Sanidad (Ginebra: 1988). La estimación de la OMS respecto de las bajas por los efectos inmediatos de una guerra nuclear—1,1 miles de millones muertos instantáneamente y otros 1,1 miles de millones que morirían después — da por supuesto unos objetivos portantes en China, India y el Sudeste de Asia, lo cual algunos

analistas consideran improbable o incluso absurdo. Nos parece muy difícil de creer que China permaneciese sin involucrarse en un intercambio estratégico entre Estados Unidos y la URSS. El desarrollo de la India en armas nucleares se entiende, en parte, como una disuasión respecto de China, lo cual sugiere posibles blancos en la India en una futura guerra global. Véase asimismo el capítulo XII.

5.12:

Andréi Sajarov y Ernst Henry, «Científicos y guerra nuclear», en Stephen F. Cohen, ed. *And End to Silence: Uncensored Opinion in the Soviet Union* (Nueva York: Norton, 1982), 230.

5.13:

P. R. Ehrlich, J. Harte, M. A. Harwell, P. H. Raven, C. Sagan, G. M. Woodwell, J. Bey, E. S. Ayensu, A. H. Ehrlich, T. Eisner, S. J. Gould, H. D. Grover, R. Herrera, R. M. May, E. Mayr, C. P. McKay, H. A. Mooney, N. Myers, D. Pimentel y J. M. Teal, «Consecuencias biológicas a largo plazo de una guerra nuclear», *Science 222,* 1983, 1293-1300.

5.14:

Para las desviaciones en la conducta inducidas por una crisis —especialmente en los dirigentes civiles y militares—, véase, por ejemplo, Jerome D. Frank, *Sanity and Survival: Psychological Aspects of War and Peace* (Nueva York: Random House, 1967); George V. Coelho, David Hamburg y John E. Adams, eds., *Coping and Adaptation* (Nueva York: Basic Books, 1974); Lester Grinspoon, «Crisis en la conducta», *Bulletin of the Atomic Scientists,* abril de 1984, 25-28; Richard A. Gabriel, *No more heroes: Madness and Psychiatry in War* (Nueva York: Hell and Wang, 1982); Richard Ned Lebow, *Nuclear crisis management. A dangerous illusion* (Ithaca, Nueva York: Cornell University Press, 1987); *idem, Between Peace and War* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1981). Los efectos psicológicos de la guerra nuclear y del invierno nuclear sobre la supervivencia no han recibido la atención adecuada. Algunos estudios preliminares aparecieron en L. Grinspoon, ed., *The Long Darkness: Psychological and Moral perspectives on Nuclear Winter* (New Haven Yale University Press, 1986); James Thompson, *psychological Aspects of Nuclear War* (Nueva York: John Wiley,

1985); M. Pamela Bumstead, ed., *Nuclear Winter: The Anthropology of human survival* (Actas de una sesión de la 84ª reunión anual de la Asociación Antropológica de Estados Unidos, 6 de diciembre de 1985, Washington, D. C), Laboratorio Nacional de Los Álamos, documento LA-UR-86-370, 1986; F. Solomon v R. Q. Marston, eds., *The medical implications of Nuclear War* (Washington, D. C: Instituto de Medicina, Academia Nacional de Ciencias, 1986).

5.15:

C. D. Laughline I. A. Brady, eds., *Extinction and Survival in Human Populations* (Nueva York: Columbia University Press 1978).

5.16:

No conocemos ninguna obra científica acerca del invierno nuclear que llegue a la conclusión de que la extinción humana sería algo inevitable o incluso muy probable. La mayoría de las formulaciones declaran que, bajo algunas circunstancias (extremas) no cabe excluir la extinción, o palabras similares. Incluso la consideración de un intercambio de 10.000 megatones, en que se tuvieran en cuenta todos los parámetros de incerti-dumbre para extraer los valores más adversos posibles, no llegan a una conclusión superior a ésta (ref. 5.13). Sin embargo, cierto número de comentarios han tenido en cuenta que TTAPS u otros han llegado a la conclusión de que la extinción de los humanos resultaba probable. Existe una amplia separación entre «probable» y «no probable». Pero si los intereses son lo suficientemente elevados, lo de «no imposible» debería ser tomado muy en serio.

La afirmación, por parte de Thompson y Schneider, de que «las conclusiones globales apocalípticas de la hipótesis inicial del invierno nuclear pueden en la actualidad quedar relegadas a un nivel de probabilidades cada vez más bajo» (ref. 3.8), se baso en un modelo de invierno nuclear que tal vez fue demasiado benigno (refs. 3.8, 3.9, 3.13, 3.14). (Más recientemente, eso *de* «cada vez más bajo» se ha suavizado a «altamente remoto» [ref. 3.12].) Ese descartar tan confiadamente requiere unas pruebas mucho mejores que las que se han ofrecido hasta ahora: «Tenemos aquí una tensión entre los niveles usuales de cautela científica y los niveles acostumbrados de prudencia militar. No se

trata de un debate respecto de algún punto arcano de la física teórica, donde los errores, de haberlos, se llegarían finalmente a corregir con los métodos tradicionales y probados de la crítica y el debate científicos. Aquí, si cometemos un error, las consecuencias serían irreversibles.» (C. Sagan, *Foreign Affairs 65, 19*86, 163-168.)

A causa de esos intereses tan elevados y sin precedentes, nos parece que deberían emplearse dos reglas para las evidencias: 1) en cualquier debate en que se descarte la extinción humana tras una guerra nuclear, la carga de la prueba debería correr de parte de aquellos que la pasen por alto, y 2) si reconocemos que el tema no puede resolverse de forma inambigua, resulta prudente decantarse del lado del argumento que sostenga que la extinción es posible, aunque estemos seguros de que la probabilidad resulta pequeña.

Por otra parte, algunas conclusiones van claramente demasiado lejos en la dirección opuesta; por ejemplo, el comentario del mariscal Ajromeiev, en su día Jefe del Estado Mayor Soviético, respecto de que *cualquier* empleo de las armas nucleares podría significar «que quedase aniquilada toda la Humanidad y toda vida sobre nuestro planeta» (S. F. Ajromeiev, entrevista por Robert Scheer, «Y luego llegó Gorbachov», *Playboy,* agosto de 1988). Esto representa un cambio considerable en el pensamiento soviético. En contraste, debemos considerar las representativas primeras declaraciones soviéticas: «Por ejemplo, en el Oeste se alega que la Humanidad, la civilización mundial, estaría en peligro en el caso de una guerra de este tipo. Los mar-xistas-leninistas rechazan resueltamente estos intentos. Siempre han considerado, y siguen considerando la guerra, y sobre todo una guerra termonuclear, como la mayor de las calamidades para el pueblo... Pero los comunistas no albergan sentimientos de desesperanza o pesimismo.» (Contraalmirante V. Shelyug, «Dos ideologías, dos puntos de vista de la guerra», *Krusnaia Zoezda,* 7 de febrero de 1974.) O, «por importantes que pueden ser las consecuencias de una guerra atómica, no hay que identificarlas con la "destrucción de la civilización mundial". Semejante identificación no haría más que llevar el agua al molino de los imperialistas americanos». *[Kommunist* 4 de marzo de 1955, 12-23; citado en H. S. Dinerstein, *War and the Sovietic Union* (Nueva York: Praeger, 1959), 77.]

5.17:

En su libro ampliamente leído, y que ha tenido gran influencia, *The Fate of the Earth* (Nueva York: Knopf, 1982), Jonathan Schell argumenta que la extinción no sólo es una consecuencia posible de la guerra nuclear, sino también algo probable. No obstante, el argumento se basa en la explosión, el incendio, la lluvia radiactiva inmediata y en la disminución de la capa de ozono, sin incluir ninguna clase de efectos climáticos. El libro se publicó exactamente cuando se descubrió el invierno nuclear. Aunque Schell pudo no haber discutido el invierno nuclear, en un sentido amplio ya lo anticipó: «Dado el estado incompleto de nuestros conocimientos de la Tierra, parece injustificado en este punto dar por supuesto que posteriores avances de la ciencia no nos brinden ulteriores sorpresas.»

Este último punto tuvo unos cuantos primeros abogados, por ejemplo el director de la Agencia de Control de Armamentos y Desarme de Estados Unidos, en 1974.

> El daño acarreado por las explosiones nucleares en la textura de la Naturaleza y en la biosfera, acarrea cascadas de un efecto a otro en unas vías demasiado complejas para que nuestros científicos puedan predecirlas. Asimismo, cuanto más sabemos, más sabemos lo poco que conocemos. [Fred Iklé, «Desarme nuclear sin secretos», *U. S. De-partament of State Bulletin,* 30 de setiembre de 1974, 454-458.]

5.18:

L.W. Álvarez, W. Álvarez, F. Asaro y H. V. Michel, «Causa extraterrestre de la extinción del Cretácico-Terciario», *Science 208,* 1980, 1095; W. Álvarez, F. Asaro, H. V. Michel y L. W. Alvarez, «Anomalías del iridio aproximadamente sincronizadas con las extinciones del Eoceno final», *Science 216,* 1982, 86; 0. B. Toon, J. B. Pollack, T. P. Ackerman, R. P. Turco, C. P. McKay y M. S. Liu, «Evolución de un impacto generado por una nube de polvo y sus efectos en la atmósfera», en *Geological Implication of Impacts of Large Asteroids and Comets on the Earth, Leon* Silver y Peter Schultz eds., Sociedad Geológica de Estados Unidos, publicación especial núm. 190, 1982, 187-199; J. B. Po*ll*ack, O. B. Toon, T. P. Ackermann, C. P. McKay y R. P- Tu^ «Efectos medioambientales de las extinciones del Cretácico-

Terciario». *Science 219,* 1983, 287-289; W. S. Wolbach, R. S. Lewis y E. Anders, «Extinciones del Cretácico: evidencias de grandes incendios y búsqueda de material meteorítico», *Science 230,* 1985, 167-170; E. Argyle, «Extinciones del Cretácico y grandes incendios», *Science 234,* 1986, 261-264; W. S. Wolbach, I Gilmour, E. Anders, C. J. Orth y R. R. Brooks, «Incendios globales en los límites del Cretácico-Terciario», *Nature 334,* 1988, 565-669; H. J. Melosh, N. M. Schneider, K. J. Zahnle y D. Latham, «Deflagración de grandes incendios en los límites del Cretácico-Terciario», *Nature 343,* 1990, 251-254; A. Hallam, «El caso de la extinción en masa de finales del Cretácico: discusión de una causa terrestre», *Science 238,* 1987, 1237-1242, y C. B. Officer, A. Hallam, C. L. Derake y J. D. Devine, «Las extinciones finales del Cretácico y los paroxismos del Cretácico-Terciario», *Mature 326,* 1987, 143-149; L. W. Alvarez, «Extinciones en masa causadas por impactos de grandes bólidos», *Physics Today 40,* 1987, 24-33 (una refutación de los dos artículos anteriores); H. C. Urey, «Colisiones cometarias y períodos geológicos», *Nature 242,* 1973, 32; F. Hoyle y C. Wickramasinghe «Cometas, eras glaciales y catástrofes ecológicas», *Astrophysics and Space Science 53,* 1978, 523-526; E. C. Prosh y A. D. McCracken, «Estratigrafía posapocalíptica: algunas consideraciones y propuestas», *Geology 13,* (1), 1985,4.5. Véase también *Comet* por Carl Sagan y Ann Dreuyan (Nueva York,: Random House, 1985).

6.1:

Por ejemplo, Herman Kahn, *On Thermonuclear War,* segunda edición (Westport, Conn.: Greenwood Press, 1961; reimpreso en 1978). La necesidad de considerar simultáneamente tanto la probabilidad como la gravedad de un suceso, y al mismo tiempo distinguir entre ellas, se halla extendida por todo el libro de Kahn. Uno de los muchos ejemplos: «No se trata de que cualquiera de esas posibilidades tenga una elevada probabilidad de suceder. Lo importante es que los resultados serían terriblemente serios si se produjeran» (pág. 154). Un punto de vista similar se halla en el Manifiesto Einstein-Russell: «Numerosas advertencias han sido lanzadas por eminentes hombres de ciencia, por autoridades en estrategia militar. Pero ninguna de ellas dice que los peores resultados son ciertos. Lo que dicen es que esos resultados [apocalípticos] son posibles, y nadie pue-de estar seguro de que no ocurran.»

6.2:

Respecto de Bhopal, véase «La Unión Carbide deberá pagar en Bhopal 470 millones de dólares», por Sanjoy Hazarika, *New York Times,* 15 de febrero de 1989, 1. Murieron más de 3.5oo personas y resultaron heridas más de 200.000. Si no se diesen compensaciones a los herederos de las personas fallecidas, habría disponibles un poco más de 2.000 dólares por cada persona herida; si no hubiera nada previsto para los heridos, habría algo más de 100.000 dólares para los herederos de las personas muertas. La compensación promedia se encuentra entre esos valores. El número total de reclamaciones en solicitud de indemnizaciones, superó las 500.000. Los pagos medios efectuados por la «Johns Manville Corporation» para compensar a las víctimas estadounidenses del, por lo general, letal mesotelioma canceroso originado en las escuelas y en otras partes por los productos con asbesto fue de 38.000 dólares. («Problemas para la Fundación Manville», por Stephen Labaton, *New York Times,* 7 de febrero de 1989, D1.) El seguro ofrecido corrientemente por las líneas aéreas estadounidenses a los pasajeros internacionales oscila de 10.000 a 75.000 dólares por pasajero muerto. Un proyecto de ley en el Senado de Estados Unidos prevé 100.000 dólares para los ex mineros del uranio (o a sus herederos) —muchos de los cuales son navajos— que hayan sufrido lesiones graves por radiación sin haber sido advertidos de los peligros de su trabajo; los residentes en Nevada y Utah que hayan sufrido daños por lluvia radiactiva procedente de las pruebas nucleares por encima del suelo, recibirán 50.000 dólares cada uno («Los mineros del uranio afirman que la radiación origina enfermedades», *New York Times,* 14 de marzo de 1990, A20.) Por otro lado, la vida en ciertos lugares del mundo es a menudo considerada más barata por los ciudadanos de las naciones ricas. Tras el lanzamiento accidental, por un «B-52», de más de 36 toneladas de potentes explosivos en la Calle Mayor la ciudad camboyana «amiga» de Neak Luong, los Estados un dos pagaron a los herederos, parientes y otros unos 100 dólares a cada uno. (William Shawcross, *Sideshow: Kissinger, Nixon and the Destruction of Cambodia* [Nueva York: Pocket Books 1975]. 294.)

6.3:

El problema del ozono se describe en una larga serie de informes, de los que son ejemplares los asesorados por la Organización Meteorológica Mundial («Ozono atmosférico, 1985», WMO, informe 16, 3 vols., Ginebra 1985) y por la NASA *(Present State of Knowledge of the Upper Atmosphere: An Assessment Report*, 201 págs, 1988). Existe una posibilidad de que incluso pequeños incrementos en el flujo solar cerca del ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra ocasione «profundas consecuencias» al fitoplancton oceánico y luego, a través de la cadena alimentaria, para todo el ecosistema marino (C. H. Kruger y otros y R. B. Setlow y otros, *Causes and Effects of Stratospheric ozone reduction: an update* (Washington, D. C: Academia Nacional de Ciencias, 1982). En los últimos años la disminución de la capa de ozono ha quedado mucho más clara (especialmente debido al descubrimiento del agujero en la ozonosfera antártica), y los peligros se reconocen en la actualidad como potencialmente mucho más serios, con efectos indirectos, posiblemente un ataque a los sistemas inmunitarios de los humanos expuestos e incluso una catástrofe ecológica global causada por las muertes de los productores fotosintéticos primarios. (Véase también ref. 4.10.)

6.4:

El efecto invernadero del $C0_2$ (véase Apéndice A) puede acarrear un recalentamiento de la Tierra en un promedio de varios grados centígrados durante el próximo siglo (cf. ref. 3-17); durante esa misma época puede preverse además un mucho más pequeño enfriamiento, cuando el clima de la Tierra salga del actual período interglacial. Variaciones en temperatura, nivel del mar y tiempo debidos al recalentamiento por el $C0_2$ Podrían tener como consecuencia una masiva desforestación, fracasos agrícolas, inundación de las ciudades costeras y de las zonas terrestre bajas, sequía, migraciones humanas y de las cosechas y trastornos de la economía. Es probable que dichas perturbaciones, sin embargo, sucedan lo bastante lentamente como para evitar algo parecido a las bajas y dificultades de una guerra nuclear, aunque el aspecto global de la sociedad quedaría fuertemente alterado. Para una discusión del recalentamiento invernadero, sus incertidumbres y las posibles medidas mitigadoras, véase, por ejemplo, C. Sagan, *American Journal of*

Physics 58, 1990, 721-730; Michael C. MacCracken y otros *Energy and climate chance: Report of the DOE Multi-Laboratory Climate Change Committee* (Chelsea, MI: Lewis, 1990).

6.5:

En contraste, el presupuesto de investigación para comprender las consecuencias de la guerra nuclear parece profundamente desproporcionado respecto de sus peligros. En su punto máximo, los gastos totales en investigación del invierno nuclear, en Estados Unidos, fueron, aproximadamente, de 5,5 millones de dólares al año, y la parte principal de los mismos estuvo disponible sólo desde o para el establecimiento armamentista nuclear en sí, o bien desembolsado por la Agencia de Defensa Nuclear o facilitado a los laboratorios nacionales de armamento. Al parecer, ningún tipo de fondos del cuartel general del Departamento de Energía fue facilitado de una forma explícita a los laboratorios de armas para que estudiasen el invierno nuclear. Se nos ha dicho que, para estudiar el invierno nuclear, Livermore y Los Alamos se vieron obligados al empleo de fondos dedicados al desarrollo en general de las armas e impuestos internamente derivados de los demás programas. Esos fondos e impuestos ascendieron, aproximadamente, a la mitad de los 5,5 millones de dólares al año. En la actualidad, la provisión de fondos no asciende a mucho más de 1 millón de dólares al año. Sólo, más o menos, 0,5 millones de dólares al año estuvieron disponibles por parte de la Fundación Nacional de Ciencias, y hoy la cantidad asignada es aún mucho menor. A pesar de las recomendaciones de una revisión ordenada por la Oficina Ejecutiva del Presidente (véase recuadro. «¿Morirían realmente miles de millones de personas a causa del invierno nuclear?», capítulo V), virtualmente no se están llevando a cabo investigaciones a partir de simulacros de los efectos del invierno nuclear sobre la agricultura. El presupuesto máximo de investigación anual para estudiar el invierno nuclear es mucho menor que el costo de un solo helicóptero de ataque y, aproximadamente, una diezmilésima del presupuesto anual para la investigación y el desarrollo de la Iniciativa de Defensa Estratégica (guerra de las galaxias). El presupuesto para las investigaciones acerca del invierno nuclear, en la URSS y en otras naciones, es al parecer incluso aún menor.

6.6:

Cf. Paul Warnke, ex jefe negociador del control de armamentos estadounidense y ex ayudante del secretario de Defensa:

> Pascal afirmó que incluso la perspectiva remota de condenación debería llevar a emplear cualquier esfuerzo con tal de evitarla. No necesito estar del todo convencido de la inevitabilidad del invierno nuclear para sentir que no cabe desechar ningún esfuerzo demasiado grande con tal de que no tenga lugar un intercambio nuclear estratégico. [En Peter C. Sedeberg, ed. *Nuclear winter, deterrence and the prevention of Nuclear War* (Nueva York: Praeger, 1986), 32.]

Véase Peter Stein y Peter Feaver, *Assuring control of Nuclear Weapons* (Lanham, Md.: University Press of America, 1987); G. E. Miller, «¿Quién necesita palios?», *Proceedings, U. S. Naval Academy,* julio de 1988, 50-56; y refutación por Feaver y Stein, *ibíd.,* octubre de 1988, 35.

7.1:

Sagan (ref. 2.3) discutió un régimen de «umbral» en el que los efectos graves resultan posibles, mientras que Thompson y Schneider (ref. 3.8) sostuvieron que incluso un concepto tan generalizado podría ser erróneo. No existe duda de que varias clases de confusión, tanto en la ciencia como en la política, se encuentran de por sí unidas al concepto de umbral. Un prominente estratega nuclear estadounidense nos propuso que el invierno nuclear podría no llegar a suceder, dado que, una vez nuestra argumentación en la referente a un umbral se hubiera Publicado, ya nadie llegaría a hacer explosionar el número correspondiente de armas nucleares. Y luego, siguiendo esa misma línea de razonamiento, propuso que nuestro análisis no debería publicarse.

7.2:

Otras propiedades del humo son también importantes, incluyendo entre ellas su altura de inyección, la distribución del tamaño de las partículas, la composición (una gran fracción de hollín negro tiene un efecto superior), y las características ópticas (por ejemplo, el hollín de petróleo o de plásticos es mucho

más oscuro y absorbe mucha más luz que el humo procedente de la vegetación incendiada). La dispersión atmosférica y los índices de eliminación, así como la distribución geográfica de la inyección inicial, afectan asimismo al efecto climático. El polvo de las explosiones muy potentes se añade al oscurecimiento de conjunto y, en algunos casos, puede resultar climáticamente significativo.

7.3:

Los modelos climáticos existentes no incluyen una descripción de alta resolución de la variabilidad del tiempo, y mucho de los modelos promedian el recalentamiento solar diurno; así, en la bibliografía científica, no siempre se calculan los *extremos* de las temperaturas sobre un ciclo día/noche y, cuando se calculan, no siempre se declaran. Por ello, la potencial gravedad para las plantas y los ecosistemas de las variaciones extremas de las temperaturas diurnas no resultan obvias en dichos resultados: por ejemplo, las cosechas de arroz está en peligro si las temperaturas durante la noche descienden por debajo del punto de congelación, pero los promedios diurnos pueden pasar por alto una helada antes del amanecer.

7.4:

J. B. Hoyt, «El frío verano de 1816», *Annals of the Association of American Geographers 48*, 1958, 118-131; H. Stommel y E. Stommel, «ElI año sin verano», *Scientific American 240, 1979,* 176; *idem, Volcano weatherr: The Story of 1816, the year without a Summer* (Newport, R. I.: Seven Seas Press, 1983). Nuestro resumen de la historia de las anomalías climáticas de 1816/181' la hemos tomado principalmente del libro de Stommel y Stommel y ref. 7.5. La conexión entre la explosión del Tambora y las extensas heladas en el verano del Hemisferio Norte se basa en fuertes evidencias circunstanciales —fue una de las explosiones volcánicas más violentas en centenares de años—, pero conexión no queda fuera de discusión. Sin embargo, se deben considerar otros casos similares definidos en el recuadro, «In vierno volcánico», de este capítulo.

7.5: J. D. Post, *The last great subsistence crisis in the Western World* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1977)-

7.6:

El descenso global de temperaturas de, aproximadamente, 1 °C, se aplica tanto a la tierra como a los océanos, tomados conjuntamente, e implica un descenso medio de las temperaturas terrestres de tal vez 2 °C. No obstante, incluso con tan relativamente pequeño descenso promedio de temperaturas, quedaron registrados los daños de las heladas (aunque los árboles más resistentes no murieron), en los anillos de pinos del Oeste de Estados Unidos. [V. C. LaMarche y K. K. Hirscchboerk, «Anillos de heladas en árboles como registros de erupciones volcánicas importantes», *Nature 307,* 1984, 121] y, como ya hemos mencionado, las pérdidas de cosechas fueron muy extensas en el Nordeste de Estados Unidos y en Europa, durante la primavera, verano y otoño de 1816 (véase ref. 7.4).

7.7:

Durante la «pequeña era glacial», entre aproximadamente los años 1450 y 1850, las temperaturas globales fueron, asimismo, 1 °C más frías de lo que son en la actualidad, pero los cambios ocurrieron con mayor lentitud. En invierno, la gente patinaba en el Támesis, en el Sena y en los canales de Holanda, y, en 1780, las personas anduvieron los 8 km desde Staten Island hasta Manhattan por encima del hielo. (G. Parker, *Europe in crisis, 1598-1648* [Sussex: Harvester, 1980]; D. Ludlum, *Early American Winters: 1604-1820* [Boston: American Meteorological Society, 1966].)

7.8:

John Imbrie y Katherine Palmer Imbrie, *Ice ages: Solving the Mistery* (Short Hills, N. J.: Enslow Publishers, 1079).

7.9:

S. J. McNaughton, R. W. Ruess y M. B. Coughenour, «Conciencias ecológicas de la guerra nuclear», *Nature 321*, 1986, 483-487

7.10:

Lo que sigue es una cartilla de enseñanza primaria, si el lector ha realizado un curso o dos de álgebra superior, sobre cómo calcular profundidades ópticas. Simplemente, es algo para sa-

tisfacer su curiosidad; la discusión en el cuerpo del libro sigue en pie por sí misma y queda igualmente comprensible, aunque usted elija saltarse el leer esta nota.

La influencia del humo o del polvo u otros aerosoles sobre la luz, se mide, por lo general, por una cantidad a la que se denomina profundidad óptica. Tiene dos componentes: uno debido a la dispersión o reflexión de la luz a través de las finas partículas de los aerosoles, y el otro se debe a la absorción de la luz por esas mismas partículas debe quedar reducida al ser rechazada por las partículas en suspensión (y, finalmente, emergerá de la capa): es decir, se dispersará. O bien la luz solar quedará engullida por las partículas (si son de color oscuro), calentándolas: se trata de la absorción. En el humo, particularmente el generado por el incendio de las ciudades o de los depósitos de petróleo, la absorción es por lo general más efectiva que la dispersión para atenuar la luz solar. Por lo tanto, la más simple medición de los efectos ópticos del humo es la profundidad óptica debida a únicamente la absorción (lo cual se indica por el subíndice *a).* La profundidad de absorción óptica media, x_a, puede estimarse para una masa dada de humo, *m* —dando por supuesto que se distribuye uniformemente por una zona *A*—, como

$$\tau_a = m\ \sigma_a / A,$$

donde σ_a (la letra minúscula griega sigma) es el coeficiente de absorción del humo. Aquí *m* puede medirse en gramos (g), A en centímetros cuadrados (cm^2) y σ_a en cm^2/g τ_a (que se lee «tau sub *a)* es un número adimensional y no debe acompañarse de gramos o de centímetros cuadrados.

Definiremos I_o como la intensidad de la luz solar que cae desde las partes superiores de las nubes de humo. / representa cuánta luz solar realmente se abre paso a través de las nube[s] hasta alcanzar la superficie. Por lo tanto, I/I_o mide qué fracción de la luz solar incidente no queda absorbida por el humo. La reducción promedia en la luz solar originada por la absorción en el humo puede estimarse, aproximadamente, empleando la ley de Beer:

$$I/I_o = \exp(-\tau_a/\mu) = e\text{-}\tau_a/\mu$$

u (letra griega minúscula mu) es una medición de cuan largo es

el recorrido de luz solar a través de la atmósfera cuando el Sol se encuentra en el cénit (es decir, directamente encima de la cabeza); da cuenta del hecho de que el Sol sale y se pone. El valor promedio de μ resulta ser, aproximadamente, 0,58. Y «exp», que significa exponencial, quiere decir que lo que está entre paréntesis es el exponente o potencia a la que debe elevarse un número trascendente conocido como la base de los logaritmos naturales (e = 2718...). Todo esto puede calcularse casi instantáneamente con cualquier calculadora científica estándar de bolsillo o por medio de tablas de exponenciales o logaritmos. Cuanto más grande es la profundidad óptica, menos luz solar se abre camino a través de la capa. Así, si τ_a = 0, I/I_o= exp (0) = 1. Luego, $I = I_o$, *y* toda la luz incidente se transmite a través de la capa, por lo que ésta es transparente. Si τ_a = 0,5 $1/1_o$ = 0,92 y la mayor parte de la luz aún se abre camino; si τ_a = 1, I/I = 0,18, y la mayor parte de la luz no puede pasar; y si τ_a = 2; $I/1_o$ = 0,03 y pasa muy poca luz solar (cf. fig. 4). Si τ_a es 2 o más, se está haciendo oscuro. Si τ_a = oo (infinito), $1/1_o$ = exp (-oo) = 0, por lo que *1 = 0;* con una profundidad óptica infinita, no penetra luz en absoluto: el Sol es invisible al mediodía y el firmamento es negro. Pero, a causa de la naturaleza de las exponenciales, cuando τ_a se hace mucho mayor que 2, no existe gran diferencia respecto del nunca realizable caso de τ_a =oo.

El coeficiente de absorción para el humo urbano se mide en un intervalo que va desde 30.000 a unos 120.000 cm^2/g (centímetros cuadrados por gramo). La mayor absorción se da en el caso del humo de hollín negro. Si 5 teragramos (1 Tg = $10^{12}/g$ = 1 billón de gramos = 1 millón de toneladas métricas = 1 megato-nelada) de humo con mucho hollín se distribuyera uniformemente por todo un hemisferio de la Tierra (A = 2,5 x 10^{18} cm^2), en ese caso, τ_a = 0,2 y I/I_o = 0,71. (Esto correspondería a $\mu_{\cdot a}$ = 100.000 cm^2/g.) Es decir, 5 Tg de hollín es capaz de absorber hasta el 30 % de toda la energía solar incidente en el hemisferio. Esto originaría importantes anomalías climáticas. Si lo desea, puede tratar de elaborar otros casos por sí mismo.

Las armas nucleares son muy buenas para incendiar ciudades: una explosión aérea de un arma nuclear corriente y mo-liente de 400 kilotones, puede hacer arder un área entre 300 y 500 km^2(refs. 3.10, 3.11). Richard D. Small («Humo atmosférico producido por un ataque nuclear sobre los Estados Unidos"). *Ambio 18* [7], 1989, 377-383), estimaba la cantidad de

materiales inflamables en las ciudades estadounidenses y en otros lugares de Estados Unidos, y concluía que un total de 37 Tg de humo de hollín (casi los dos tercios del mismo procedente de incendios en edificios) quedaría liberado en la atmósfera a causa de un gran ataque soviético, pasando por alto la propagación de los incendios. Inicialmente, el hollín se encontraría concentrado en zonas, dado que objetivos diferentes liberan diferentes cantidades de humo, pero muy pronto casi se uniformizaría (ref. 7.11). Una parte muy pequeña quedaría eliminada por la lluvia en los días y semanas siguientes a la guerra. Si se extendiese de manera uniforme por el Hemisferio Norte, correspondería a un τ_a = 0,62. Si ahora añadimos el humo proveniente de Europa, de la Unión Soviética y de otras partes, las profundidades ópticas de 2 o más se hacen factibles, correspondiendo muy bien a nuestro modelo básico de TTAPS II, con un valor de τ_a = 2,3 (ref. 3.14).

Existen algunas diferencias entre las estimaciones de Small y las nuestras, pero se refieren a la madera y la leña, es decir, las fuentes del humo celulósico de poco hollín. Las estimaciones de Small para el inventario de Estados Unidos de los materiales altamente hollinosos no celulósicos (petróleo, plásticos, asfalto) es de unos 500 Tg. (Naturalmente, sólo una fracción de esto ardería y su hollín se inyectaría en la atmósfera en una guerra nuclear.) Extrapolando a Europa y a la Unión Soviética, esto nos da, aproximadamente, 1.500 Tg. La estimación del TTAPS II en esta categoría de combustibles altamente hollinosos (véase tabla 2, ref. 3.14) es de 925 Tg, lo cual concuerda. Cuando uno se toma la molestia de comparar las mismas zonas de blancos y se proporciona la apropiada influencia al humo más hollinoso, las dos estimaciones proporcionan unas respuestas mutuamente compatibles.

Nuestros detallados inventarios dan entre 7.000 y 13.500 Tg. de material inflamable, en su mayoría urbano y suburbano, en la OTAN y en el Pacto de Varsovia —sobre todo madera y leña productos petrolíferos primarios y secundarios, plásticos y techos asfaltados (ref. 3.14); los valores para todo el mundo desarrollado no son mucho mayores. Alguno de estosinventarios —especialmente los plásticos— se incrementan con rapidez. La cantidad total de este material en llamas en un intercambio central se estima que estaría entre 2.500 y 8.500 Tg, pero sólo de 20 a 300 Tg de todo esto se emitiría a la atmósfera como hollín

Los plásticos incendiados generan muchísimo hollín; la quema de madera es mucho menos eficiente. Permitiendo incertidum-bres respecto de τ_a, hallamos que el intervalo correspondiente de τ_a estaría entre 0,2 y 10, con un valor promedio de 2,3 (ref. 3 14). En comparación, la cantidad media de hollín en la atmósfera actual —principalmente a partir de los incendios forestales— es menor a 1 Tg. Esto corresponde a un valor ordinario de τ_a, en ausencia de una guerra nuclear, de menos de 0,02, promediado en todo el globo.

7.11:

La nube de humo inicial producida por un gran incendio es extremadamente densa y localizable. La estructura de la nube, aunque muy compleja, no es abierta, como un campo de nubes de cúmulos, sino que tiene una forma de manta y es continua. Al cabo de unas horas, este humo localizado se extenderá sobre centenares de kilómetros a favor de los vientos dominantes y, más o menos, en cosa de una semana llegará a circunnavegar el globo. El palio de humo generado por muchos y extensos incendios, aunque inicialmente fragmentados, tiende a hacerse homogéneo a escala continental con asombrosa rapidez. Cualquiera que haya estado debajo de los penachos procedentes del incendio de un bosque distante pueden atestiguar el hecho de que el palio es continuo y, aunque variable en su espesor, es relativamente uniforme en su capacidad para bloquear la luz solar. Las imágenes por satélite de las nubes de humo a nivel continental creado por incendios forestales localizados muestran este efecto tipo manta que posee el humo. La falta de dispersión de los penachos de humo a escalas superiores a la de centenares de kilómetros, se ha simulado en modelos de ordenador de la atmósfera global, y se ha descubierto que el humo de los incendios dispersos de una guerra nuclear llegaría a formar un amplio palio hemisférico al cabo de una o dos semanas después de la guerra.

Las nubes ordinarias son, por lo general, muy fragmentadas en su aspecto, porque se componen de agua, que puede condensarse o evaporarse con facilidad incluso con un pequeño cambio en la temperatura del aire. Así, las nubes de cúmulos se forman en las regiones donde el aire se alza y se enfría, y se hallan ausentes en regiones donde el aire se halla deprimido y caliente. Esta sensibilidad respecto del estado local de la at-

mósfera lleva a los altamente variables campos de nubes con agua, de las que nos percatamos casi todos los días. Pero el humo no es agua; el humo contiene partículas *no volátiles* (*) que no tienen en cuenta si el aire está ligeramente más frío o más cálido. Asimismo, los movimientos del aire, particularmente los movimientos turbulentos a pequeña escala que existen en toda la atmósfera, poseen el efecto de mezclar el humo en unas masas de aire más grandes, con lo que la nube se convierte en mayor y, generalmente, más uniforme. Se puede ver el mismo efecto cuando el humo de unos cuantos cigarrillos se dispersa con rapidez hasta llenar una habitación (o un atestado avión de líneas aéreas), formando una neblina uniforme.

Inicialmente, las nubes de humo procedentes de una guerra nuclear se hallarían fragmentadas; un país podría, durante un día o dos, experimentar más frío y oscuridad que el promedio, y un país contiguo tener menos. Pero, al cabo de una semana o dos, la mayor parte de los fragmentos y la correspondiente ruleta climática se dispersaría, remplazados por un palio uniforme de humo.

7.12:

Michael R. Rampino, Stephen Swelf y Richard B. Stothers, «Inviernos volcánicos», *Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 16* 1988, 73-99; Richard B. Stothers y Michael R. Rampino, «Vulcanismo histórico, nieblas secas europeas y precipitación acida en Groenlandia, de 1500 a. de C. a 1500 d. de C», *Science 221,* 1983, 411-443, Stefi Weisburd, «Excavar palabras: una herramienta geológica», *Science News 127* (8), 9 de febrero de 1985, 91-94; K. D. Pang, S. K. Srivastava, y H.-H-Chou, «Impactos climáticos de las pasadas erupciones volcánicas: inferencias a partir del núcleo de hielo, de ios anillos de *los* árboles y de datos históricos», *EOS 69,* 1988, 1062; G. J. Sy-mons, ed., *The eruption ofKrakatoa and subsequent phenorne*[na] (Londres: Harrison and Sons, 1888) (Se trata del estudio clásico, llevado a cabo por la Real Sociedad de Londres, por numerosos científicos, incluyendo a Rollo, tío de Bertrand Russelj que calcularon que el polvo estratosférico viaja alrededor o

(*) Por no volátiles nos referimos a que las partículas de humo no se evaporarán si el aire que contiene el humo continúa por debajo de algunas temperaturas razonables, por ejemplo, 47 °C, que es la temperatura más cálida alcanzada en la atmósfera inferior.

mundo a unos 110 km/h); Tom Simkin y Richard S. Fiske, *Krakatoa 1883: The volcanic eruption and its effects* (Washington, D. C: Smithsonian Institute Press, 1983); C. G. Abbot, «¿Afectan las explosiones volcánicas a nuestro clima?», *National Geographic 24* (2), 1913, 181-197; número especial sobre El Chinchón, J. B. Pollack, ed., *Geophysical Research Letters, 10* (1), noviembre de 1983; Frans J. M. Riettmeijer, «El polvo de El Chinchón un problema persistente», *Nature 344*, 1990, 114-115; p. M. Kelly y C. C. Sear, «Impacto climático de las erupciones volcánicas explosivas», *Nature 311*, 1984, 740-743.

8.1:

Cf. W. M. Arkin y R. W. Fieldhouse, *Nuclear battlefields* (Cambridge, Mass.: Balklinger, 1985); T. B. Cochran, W. M. Arkin y M. M. Hoenig, *Nuclear Weapons Databook,* volumen I, *U. S. Nuclear forces and capabilities* (Cambridge, Mass.: Ballinger, 1984); *The Military Balance* (Londres: Instituto Internacional de Estudios Estratégicos, 1987/1988 y ediciones posteriores); ref. 17.26.

8.2:

Cf. George M. Seignious III y J. P. Yates, «Superpotencias nucleares europeas», *Foreign Policy 55,* 1984, 40-53; R. D. Small, B. W. Bush y M. A. Dore, «Initial Smoke distribution for nuclear winter calculations», *Aerosol science and Technology 10* 1989, 37-50; *ibid.,* Pacific Sierra Research Corp., informe 1761, noviembre de 1987; Small, ref. 7.10.

8.3:

Esto está inmediatamente relacionado con la comparativamente baja precisión de los cohetes estratégicos chinos, así como con otras evidencias. Zhang Aiping, uno de los principales responsables de las armas nucleares chinas, se dice que indicó que «la habilidad para destruir áreas urbanas o blancos militares "suaves" en un ataque de represalia» es lo que importa. (John Wilson Lewis y Xue Litai, *China builds the Bomb [S*tanford, Cal.: Stanford University Press, 1988], 214.) Véase asimismo Dingli Shen, «El actual estatus de las fuerzas nucleares chinas y políticas nucleares», Centro de la Universidad de Princeton para la Energía y Estudios sobre el medio ambiente», Informe 2477, 1990.

8.4:

Desmond Ball, *Targeting for Strategic Deterrence*, Adelphi, Paper 185 (Londres: Instituto Internacional para Estudios Estratégicos, 1983).

8.5:

Noel Gayler, testimonio, Comité Económico Conjunto, Julio de 1984, 11-12, publicado en *The consequences of Nuclear war* Sesiones, 98.° Congreso (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1986).

8.6:

Realmente, todos los análisis importantes de los posibles teatros de una guerra nuclear incluyen todas las refinerías de petróleo y los depósitos de almacenamiento como blancos principales (por ejemplo, *The Effects of Nuclear War,* Oficina de Asesoría tecnológica, Congreso de Estados Unidos [Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1979], 151 págs.; refs. 8.1, 8.19, 8.20, 8.21). Algunos analistas han ido tan lejos como para sugerir que el petróleo podría ser almacenado intencionadamente en grandes cantidades cerca de los objetos estratégicos de mayor prioridad —como los silos de misiles— para garantizar la generación de hollín y del invierno nuclear después de un primer ataque, lo cual reforzaría la disuasión (por ejemplo, Donald Bates, «La disuasión última», *Thoughts on peace and security 2,* marzo/abril, 1986). Creemos que esta idea tan provocativa tiene serios inconvenientes técnicos y, especialmente, políticos.

8.7:

Algunas de las 450 refinerías de petróleo (y 3.000 oleoductos) se encuentran en hipotéticas, y casi idénticas (ref. 8.16) listas de objetivos publicadas tanto en Estados Unidos (ref. 8.20) como en la Unión Soviética (ref. 8.21). Sin embargo, la mayor capacidad de almacenamiento se concentra en un número pequeño de grandes refinerías y depósitos (véase fig. 5).

«Evaluación de los actuales planes de ofensiva aérea estratégica», Junta de Jefes de Estado Mayor JCS 1952/1 (alto secreto) 21 de diciembre de 1948. Fue la aprobación por el JCS del Plan

de Emergencia de guerra del mando estratégico del aire SAC EWP 1-49. Reimpreso en T. H. Etzold y J. L. Gaddis, eds., *Containment: Documents on American Policy and Strategy, 1945-195O* (Nueva York: Columbia University Press, 1978).

En torno a 1950, el general Curtis LeMay, comandante del Comando Aéreo Estratégico, dio instrucciones a Sam Cohen, más tarde inventor de la bomba de neutrones, «para proporcionarme una bomba con la que pueda barrer del mapa a toda Rusia» (Michael Kepp, «Mucho ruido por nada [Perfil de Sam Cohen], *Oui,* 1982, 93 y sigs. Véase asimismo Sam Cohen, *The truth about the neutron bomb: The inventor of the bomb speaks out* [Nueva York; William Morrow, 1983], 30.) Sin darse cuenta, LeMay puede tener ya esta capacidad, y un montón de muchas más.

8.10:

Scott D. Sagan, *Moving Targets: Nuclear Strategy and National Security* (Princeton: Princeton University Press, 1989), 12, 44-45, 47-48.

8.11:

Department of Defense Authorization for appropiations for fiscal year 1981, Sesiones, Comité de Servicios Armados del Senado, parte quinta, 2721 (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1980).

8.12:

Agencia de Control de Armas y Desarme, *Effectiveness of Soviet Civil Defense in Limiting Damage to Population* (ACD, Informe del Estudio de defensa civil, núm. 1, 16 de noviembre [19]?7), 18-20.

8.13:

Para posibles asimetrías en los objetivos económicos de Estados Unidos y la Unión Soviética, véase «Objetivos económicos en la guerra nuclear: enfoques de Estados Unidos y la Unión Soviética" por B. S. Lambeth y K. N. Lewis, *Orbis,* primavera de 1983, 127-149. Tanto la coubicación de las ciudades con objetivos industriales como las densidades de población urbana

son mayores en la URSS que en Estados Unidos (Control de Armas y Agencia de Desarme de Estados Unidos, *An analysis of Civil Defense in Nuclear War,* diciembre de 1978).

8.14:

Agencia de Control de Armas y Desarme de Estados Unidos *The Effects of Nuclear War,* abril de 1977.

8.15:

En declaraciones públicas, Estados Unidos afirma a menudo que las poblaciones civiles no son objetivos *per se.* Esta locución se pronunció por primera vez

> por el secretario de Defensa Elliot Richardson, que testificó en abril de 1973 que: «En nuestros planes estratégicos no se adoptaron objetivos civiles *per se.*» Y el director del JCS explicó en 1976: «Ya no tomamos el objetivo de las poblaciones como algo *per se.* Solíamos hacerlo... Lo que hacemos ahora es buscar objetivos sobre la capacidad de recuperación de guerra.»... [Ayudante del secretario de Defensa] Richard Perle..., que atestiguó en marzo de 1982, «como un consciente asunto de política, no hemos planeado la deliberada destrucción de la población» (ref. 8.4, pág. 32).

Ocasionalmente, incluso esos eufemismos se dejan de lado, como en «Nuestra estrategia no toma como blanco a la población» (Caspar N. Weinberger, *«The potential effects of Nuclear War in the Climate: A Report to the United States Congress,* Departamento de Defensa, marzo de 1985). O «Lamentablemente, algunos análisis de los efectos climáticos de la guerra nuclear han planteado tomar como objetivo a las ciudades. Si se tuviera que considerar esto como un inevitable resultado de un ataque nuclear, o como política de los Estados Unidos, se distorsionarían por completo estos análisis» (Caspar N. Weinberger, «Invierno nuclear», Sesiones, Subcomité de Apropiaciones de Defensa, Comité de los Servicios Armados de la Cámara Representantes, *Department of Defense Appropiations for 1986* (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, l985 256-257). De hecho, las poblaciones son altamente tomadas como objetivos (véase refs. 8.2, 8.5) y si eso, *per se* o no, consuela a aquellos que construyen, lanzan y justifican las armas

nucleares, no pasa lo mismo con las multitudes de hombres, mujeres y niños en las ciudades tomadas como blanco.

8.16:

Los militares soviéticos no creyeron entonces [1958], ni tampoco hoy [1983], poder marcar una clara distinción entre las armas previstas para atacar objetivos militares en el caso de una guerra, y las armas diseñadas para disuadir a través de la amenaza de destruir ciudades. [David Holloway, *The Soviet Union and the Arms Race* (New Haven: Yale University Press, 1983), 68.]

He aquí, por ejemplo, una lista (tomada de William M. Arkin y Richard W. Fieldhouse, *Nuclear Battlefields: Global Links in the Arms Race* [Cambridge, Mass.: Ballinger, 1985]) de las ciudades estadounidenses con poblaciones militares y que es probable que constituyan un blanco en una guerra nuclear de «contra fuerza»: Phoenix y Tucson, Arizona; Little Rock, Arkansas; San Diego, San Francisco, Long Beach, San José, Sunnyvale, Stockton, Oxnard, Sacramento, San Bernardino y Concord, California; Denver y Colorado Springs, Colorado; Washington, D. C; Jacksonville, Tampa, Miami y Fort Lauderdale, Florida; Honolulú, Hawai; Chicago, Illinois; Fort Wayne, Indiana; Des Moines, Iowa; Wichita, Kansas; Nueva Orleans, Luisia-na; Springfield, Massachusetts; Detroit, Michigan; Duluth, Minnesota; Kansas City y San Luis, Missouri; Omaha, Nebraska; Las Vegas, Nevada; Albuquerque, Nuevo México; Columbus, Pittsburgh, Pennsylvania; Charleston, Carolina del Sur; Knoxville, Tennessee; Amarillo, San Antonio y Fort Worth, Texas; Salt Lake City, Utah; Arlington, Chesapeake, Newport News, Norfolk y Alexandria, Virginia; Seattle/Tacoma, Was-hinghton; y Milwaukee, Wisconsin. La lista es incompleta. Si incluimos a ciudades más pequeñas, existe un número muchísimo mayor que podría añadirse, entre ellas: Bangor, Maine; Grand Forks y Miniot, Dakota del Norte, y Plattsburg, Nueva York. Richard Small («Humo atmosférico procedente de un ataque nuclear sobre Estados Unidos», *Ambio 18* [7], 1989, 377- 383, estima que casi la mitad de las áreas urbanas-suburbanas de Estados Unidos sería probable que constituyesen unos blancos soviéticos en una guerra nuclear importante. Naturalmente, en la lista de objetivos de «contra fuerza» estadounidenses se halla una lista similar de ciudades soviéticas.

La única diferencia entre las listas de objetivos publicada por Estados Unidos y la Unión Soviética (además de 100 «compiejos de mando y mediciones por satélites», añadidas a l_{0s} blancos estadounidenses y soviéticos) es la adición soviética de 100 «blancos de líderes» en Estados Unidos —donde puede estar oculta la «Autoridad Nacional del Mando»—, para los plani-ficadores soviéticos, pero hay también 10.000 blancos de líderes soviéticos en la Lista Nacional de Blancos Estratégicos (NSTTL), por lo que se refiere a los planificadores estadounidenses. Este último número lo juzga «irrazonable» Bing (ref 9.8), aunque es exactamente el número dado por Ball (ref. 8.4) para SIP-6. Un número tan elevado de blancos, parcial o principalmente, urbanos de liderazgo conlleva serias implicaciones para el invierno nuclear, dando por supuesto que la parte principal del ataque se llevase a cabo por explosiones en el aire y en la superficie. Sin embargo, sólo una pequeña fracción de esos objetivos resultaría atacado en una guerra real, a causa de que existen siempre más objetivos que armas. Ball [comunicación privada, 1989] estima en unos 850 los blancos soviéticos de líderes en la SIOP estadounidense, para una guerra «generada», y unos 600 para una guerra no generada. Ya sólo ese número de ciudades —aparte de las áreas urbanas incendiadas (aunque, indudablemente, no *per se),* y aparte de los objetivos económicos/industriales—, parecen más que suficientes para generar un invierno nuclear. El 1 de octubre de 1987, cuando tuvo efecto el SIPP-6DD, el NNSTL había ya reducido la cosa a un total de 15.000 objetivos, de los cuales de 3.000 a 4.000 estaban en el lado de las categorías de «liderazgo» y C^3I (comando, control, comunicaciones e inteligencia—, *ibíd.).* Véase asimismo ref. 8.19.

8.17:

Pierre Salinger, «Lagunas en la historia de la crisis de los misiles cubanos», *New York Times Magazine,* 5 de febrero de 1989.

8.18:

Andréi Sajarov, *Memoirs:* Knopf, 1990.

8.19:

Desmond Ball y Robert C. Toth, «El Nuevo SIOP: llevando el combatir la guerra a extremos peligrosos», Documento de referencia 173, Centro de Estudios Estratégicos y de Defensa, Uni-versidad Nacional Australiana, Camberra, diciembre de 1989. Véase también ref. 8.10.

8.20:

Ronald Siegel, *Strategic Targeting Options* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1981).

8.21.

R. Sadeiev, A. Kokoshin y otros, *Strategic Stability under conditions of radical Nuclear Arms Reductions* (Moscú: Novosti, 1987). Reimpreso en Sanford Lakoff, ed., *Beyond START?* (San Diego: Universidad de California, Instituto de Conflicto Global y Cooperación, Documento de Política núm. 7, 1988).

8.22:

C. Sagan, «Minimizando las consecuencias de la guerra nuclear», *Nature 317,* 1985, 485-488.

9.1:

Sam Cohen, acreditado por el invento de la bomba de neutrones, ha argumentado que son públicamente conocidas las garantías de los planes de objetivos de Estados Unidos y la Unión Soviética —a un nivel de Habilidad confortable a cualquier nivel para él— de que las ciudades no sería atacadas en una guerra nuclear importante, y no se generaría humo. Por lo tanto, el invierno nuclear no es ningún problema... Y, aunque jas superpotencias en un momento tuvieran planes para tomar las ciudades como objetivos, los abandonarían ahora que conocen el asunto del invierno nuclear: «Ni los Estados Unidos ni la URSS desean llevar al mundo a una congelación profunda de invierno nuclear... ¿Cómo cualquiera de esas naciones podría desarrollar la guerra de una forma tan poco cuerda?» (Cohen, «Invierno nuclear y realidad nuclear», *Washington Times.* 28 de Junio de 1984, 1C, 2C y comunicación privada.) Estamos de acuerdo respecto de que el conocimiento del invierno nuclear mejora la disuasión y desalienta los ataques sobre las ciudades, pero muchísimos objetivos estratégicos se encuentran en las

ciudades o cerca de ellas, y la guerra nuclear es improbable que suscite las tendencias más sobrias y racionales del mundo militar y de los dirigentes civiles. Los puntos de vista de Cohen representan uno de los diversos intentos de hacer desaparecer el invierno nuclear pensado sobre él de manera apropiada.

9.2:

Theodore Postol, «Confusión estratégica, con o sin invierno nuclear», *Bulletin of the Atomic Scientist 41* (2), febrero de 1985 14-17.

9.3:

Por ejemplo, Desmond Ball, «¿Puede controlarse la guerra nuclear?», *Adelphi Paper 169* (Londres: Instituto Internacional de Estudios estratégicos, 1981); Paul Bracken y Martin Shubik, «Guerra estratégica: ¿cuáles son las preguntas y quién puede contestarlas?», *Technology and Society 4,* 1982, 155-179; Paul Bracken, *The Command and Control of Nuclear Forces* (New Haven: Yale University Press, 1983); Bruce G. Blair, *Strategic Command and Control* (Washington, D. C: Instituto Brookings, 1985); ref. 10.6. También el ex secretario de Defensa Harold Brown: «Sabemos que lo que podría comenzar como un ataque supuestamente controlado y limitado, desde mi punto de vista, es muy probable que hiciera la escalada hasta una guerra nuclear a gran escala» (Discurso en el Colegio de Guerra Naval, Newport, R. L, 20 de agosto de 1980); el ex secretario general del Partido Comunista (y mariscal de la Unión Soviética), Leónidas Brezhnev: «Una guerra nuclear "limitada", concebida por los estadounidenses, por ejemplo en Europa, significaría desde el principio una destrucción segura de la civilización europea. Y, naturalmente, los Estados Unidos también serían incapaces de escapar a las llamas de la guerra» (Discurso, 26 Congreso del Partido, del que se informa en *Pravda,* 24 de febrero de 1981); y el ministro de Defensa soviético, N. V. Ogarkov: «El cálculo de los estrategas al otro lado del océano, basado en la posibilidad de llevar a cabo una presunta guerra nuclear "limitada", ya no tiene en la actualidad el menor fundamento... Y el llamado empleo limitado de las fuerzas nucleares, probablemente, llevará al uso inmediato de todos los arsenales nucleares por [ambos] bandos. Ésta es la terrible lógica de la guerra. (Citado en Leon Gouré, «El "invierno nuclear en el modelo soviético», *Strategic Review,* verano de 1985, 22-38.)

9.4:

George F. Kennan, discurso de aceptación del Premio de la Paz Albert Einstein, 19 de mayo de 1981, *Manchester Guardian Weekly,* 31 de mayo de 1981, Asimismo Kennan, *The Nuclear Delusion: Soviet-American Relations in the Atomic Age* (Nueva York, Pantheon, 1982), 180.

9.5:

Esta interpretación continúa siendo válida sin tener en cuenta cuál de los diversos relatos mutuamente contradictorios, de lo que se convino entre Ronald Reagan y Mijaíl Gorba-chov en la cumbre de Reykjavik, uno prefiera creer (incluyendo en esto la posición estadounidense de que todos los *misiles balísticos* estratégicos se destruirían en el plazo de una década, y la posición soviética de que todas las *armas* se destruirían en una década).

9.6:

Strobe Talbott, «¿Por qué se detuvo START?», *Foreign Affairs 67(1),* otoño de 1988, 49-69.

9.7:

Wolfgang K. H. Panofsky y otros, *Reykjavik and beyond: Deep reductions on Strategic Nuclear Arsenals and the future direction of Arms Control* (Washington, D. C.: Academia Nacional de Ciencias, 1986).

9.8:

G. F. Bing, P. Garrity, W. F. Hanrieder, M. D. Intrilligator, R. Kolkowicz, S. Prowse, A. Wohlstetter y K. Waltz, en S. Lakoff, ed., *Beyond START?* (San Diego: Universidad de California, Instituto de Conflicto Global y Cooperación, documento Político núm. 7, 1988).

9.9:

Neil Kinnock, declaración de la política de defensa del Partido Laborista (Londres), 11 de diciembre de 1986.

9.10:

Comité Nacional ejecutivo del Partido Laborista, «La paz en

nuestros tiempos cambiantes», *The Guardian*, 8 de mayo de 1989, 17.

9.11:

David Owen, comunicación privada, 3 de diciembre de 1986.

9.12:

En repetidas declaraciones en las Naciones Unidas. En la segunda sesión especial sobre Desarme, del 21 de junio de 1982, el ministro de Asuntos exteriores, Huang Hua, manifestó que un recorte del 50 % en los arsenales, por parte de Estados Unidos y de la URSS, constituía un prerrequisito para que China entrase en negociaciones sobre desarme nuclear. (Reimpreso en Ken Coates, ed., *China and the Bomb* [Nottingham: Spokesman Book, 1986], 71-73.) Liang Yufan, en la Asamblea de las Naciones Unidas, 38.ª sesión, 1983, facilitó más detalles:

> Después de que la Unión Soviética y los Estados Unidos hayan tomado unas acciones prácticas para detener las pruebas, mejoras y fabricación de armas nucleares, y estén de acuerdo en reducir a la mitad sus armas nucleares y medios de lanzamiento de todos los tipos, debería convocarse una conferencia internacional, ampliamente representativa, con la participación de todos los estados provistos de armamento nuclear para negociar la reducción general de armas nucleares por parte de los Estados con armamento nuclear.

Véase también Qiang Jiadong, «Posición de China respecto de la no proliferación nuclear», en *Nuclear War, Nuclear Proliferation and their consequences,* Sadruddin Aga Kan, ed. (Oxford: Oxford University Press, 1985). El propuesto tratado START llegaría tan lejos como para englobar las condiciones chinas. En un discurso a las Naciones Unidas, el 2 de junio de 1988, el ministro de Asuntos exteriores, Qian Qichen, ofreció —a cambio de destrucciones «drásticas» de todos los tipos de armas nucleares y poner fin a la fabricación, pruebas y desarrollo de armas nucleares por parte de las superpotencias-convocar una conferencia internacional para discutir «una completa destrucción del armamento nuclear». Al parecer, en-

tretanto, los derechos de admisión habían aumentado mucho (desde la «mitad» a «drásticas»), pero la rentabilidad había aumentado también (desde «reducciones» hasta «completa destrucción»).

9.13:

En una serie de declaraciones (por ejemplo, su entrevista con el corresponsal en París del periódico japonés *Asahii Shimbun,* 12 de julio de 1989), el presidente François Mitterrand reiteró las condiciones de su discurso de 1983 ante la Asamblea General de las Naciones Unidas: «No podemos rechazar la idea -y yo no lo hago— de que las cinco potencias nucleares deberían debatir juntas, llegado el momento, una limitación permanente de sus sistemas estratégicos. Por lo tanto, debemos establecer con claridad las condiciones para un avance en este campo.» (*Official Records of the General Assembly,* Trigésima primera sesión, *Reuniones plenarias,* volumen 1 [Nueva York: Naciones Unidas, 1988, 109].) Las condiciones incluían mayores desinversiones en el armamento estratégico por parte de Estados Unidos y la Unión Soviética, reducción en el armamento convencional soviético y restricciones en el desarrollo de armamentos antisatélites y con base en el espacio, así como medios antisubmarinos. Cuando se le preguntó, el 18 de mayo de 1989, en la conferencia de Prensa en París, por qué Francia no acababa unilateralmente con las pruebas nucleares y de proveerse de nuevo armamento estratégico, el señor Mitterrand respondió: «Voy a darles una respuesta muy simple. Si los Estados Unidos de América y la Unión Soviética renunciaran [a tales Programas], así como el Reino Unido, seguiríamos por el mis-mo camino.» En una conferencia de Prensa en Sofía, Bulgaria, el 19 de enero de 1989, el señor Mitterrand dijo: «Francia tomaría parte en un desarme nuclear desde el momento en que se alcanzara, por parte de las dos mayores potencias, un nivel que aún sigue estando bastante lejos... Nos hallamos por el buen camino... Debemos alentar a los estadounidenses, al señor Gorbachov, y cada vez que adoptamos posiciones favorables al desarme, lo hacemos.»

Un informe fechado en París, de William Echikson («Francia cambia de postura en el control de armamentos», *Christian Science Monitor, 28* de setiembre de 1988, 7) citaba una declaración de un funcionario del Ministerio de Defensa francés:

«Nuestra política ha cambiado porque también han variado las condiciones que nos rodean.» Y la historia continúa:

> Si el señor Gorbachov llevara a cabo una oferta aceptable respecto de las armas convencionales, ha contado privadamente la semana pasada un consejero de alto rango del señor Mitterrand a algunos periodistas occidentales Francia respondería con el no desarrollo de la bomba de neutrones y el misil táctico Hades, un sofisticado misil con base en tierra, y un alcance de 300 km.
>
> El ofrecimiento, caso de confirmarse, representaría un enderezamiento importante desde la anterior posición francesa. Aunque el consejo no informó de ninguna clase de reducciones en los misiles estratégicos en tierra de largo alcance y de los submarinos, los franceses se habían negado con anterioridad a recortar sus pequeñas fuerzas nucleares hasta que las superpotencias hubiesen eliminado casi todos sus misiles propios.
>
> Tras conocerse esta versión, el Palacio del Elíseo lo etiquetó de «infundado». Pero los analistas afirman que Mitterrand está replanteándose la política estratégica de Francia. En su campaña a principios de este año ha afirmado que el control de armamento debería tener una alta prioridad en su segundo mandato.

La conciencia y el debate públicos acerca de la naturaleza de la guerra nuclear y los asuntos relacionados con la misma resulta mucho menos evidente en Francia que, por ejemplo, en Estados Unidos y la URSS, el Reino Unido y muchas naciones no nucleares (por ejemplo, Michael Haag, «Escasa conciencia en Francia de los peligros de una guerra nuclear accidental». Informe técnico 5 [Santa Bárbara, Cal.: Fundación de la Paz en la Era Nuclear, 1987]). Por cuanto sabemos, Francia no ha efectuado esfuerzo de investigación ni ha realizado simposios públicos o científicos respecto del invierno nuclear.

Tras una breve descripción, por parte de uno de nosotros (C. S.), de cómo la *force de frappe* de Francia, de usarse contra las ciudades podría por sí misma propiciar un invierno nuclear, la respuesta del presidente Mitterrand fue dar seguridades de que las fuerzas nucleares francesas se hallaban «en manos seguras». (Comunicación privada, 1984.)

9.14:

«Declaración de Robert S. McNamara ante el Comité de Servicios Armados del Congreso, el años fiscal 1966-1970, Programa de Defensa y Presupuesto de Defensa para 1966», 18 de febrero de 1965, 39. Véase también A. C. Enthoven y K. W. Smith, *How Much is Enough?: Shaping the Defense Program ¡961-1969* (Nueva York: Harper & Row, 1971), 207. Ya cerca del final de la Administración Eisenhower, 231 misiles Polaris de una sola ojiva nuclear, instalados en submarinos invulnerables fueron declarados, por parte de la Marina estadounidense, «suficientes para destruir toda Rusia» (ref. 18.8). Incluso unos arsenales menores, con blanco sobre las ciudades, resultan adecuados para lo que McGeorge Bundy ha llamado «disuasión existencial» («Tapar el volcán», *Foreign Affairs 48* [2], octubre de 1969, 1-20). Un informe soviético reciente estima que 400 explosiones de 1 megatón son suficientes para destruir los objetivos de ambas partes, incluyendo «el 25-30 % de la población y hasta un 70 % de la capacidad industrial» (ref. 8.21).

9.15:

Vera Rich, «Experto en invierno nuclear desaparece sin dejar rastro», *Nature 316,* 4 de julio de 1985, 3; Keith Rogers, «Desaparece un investigador soviético», *The Valley Times* (que atiende a Livermore, California), 13 de julio de 1985; *ídem,* «No se sabe nada del soviético desaparecido», *The Valley Times,* 17 de julio de 1985; Philip M. Boffey, «Un científico ruso desaparece en España», *New York Times,* 16 de julio de 1985, A4; Ralph de Toledano, «¿Ha sido captado por la CÍA el físico desaparecido?», *Washington Times,* 29 de octubre de 1985; *ídem,* "Científico increíblemente desaparecido», *Washington Times, 13* de mayo de 1986; *ídem,* «Los soviéticos ponen en un aprieto a la CIA», Copley News Service, 23 de mayo de 1987; Andrew C. Revkin, «¿Por qué se ha perdido el importante científico soviético?: el curioso caso de Vladimir Andrónov», *Science Digest 94, [l]V* Julio de 1986, 32-43; lona Andrónov, «¿Dónde está Vladimir Alexandrov?», *Literaturnaia Gazeta,* 23 de julio de 1986, traducido por Hugh W. Ellsaesser, UCRL-Trans-12103, Laboratorio Nacional Lawrence Livermore.

10.1:

Bernard Brodie, «Implicaciones de la Política militar», en *The Absolute Weapon: Atomic Power and World Order,* Berhnard Brodie, ed. (Nueva York: Harcourt Brace, 1946). Brodie continua:

> De este modo, el primer y más vital paso en cualquier programa de seguridad estadounidense para la era de las bombas atómicas radica en tomar medidas para garantizarnos, en el caso de un ataque, de la posibilidad de efectuar una represalia de alguna clase. Al hacer esta declaración, el escritor no se halla preocupado respecto a quién *ganará* la próxima guerra en que se empleen bombas atómicas. Hasta ahora, el propósito principal de nuestro establecimiento militar ha consistido en ganar las guerras. A partir de ahora, su fin principal deberá ser el evitarlas. No puede existir ningún propósito útil.

10.2:

Otra razón por la que el atacar primero no sea más que una doctrina poco de fiar y peligrosa, fue expuesta, en 1974, en el testimonio ante el Congreso por parte del ex secretario de Defensa, James Schlesinger: «[Si] se produce el menor fallo en la exactitud operativa, la capacidad de contra fuerza estadounidense se pone en marcha con gran facilidad. Sabemos esto, y los soviéticos deberían saberlo también, y constituye una de las razones de que pueda declarar públicamente que ninguno de ambos lados conseguiría una capacidad altamente fiable en el poder del primer ataque.» (James Fallows, *National Defense* [Nueva York: Vintage Books, 1982], 155-156.) No obstante, en la doctrina militar, las atenciones del gobierno, y la percepción pública, la preparación para, y la disuasión de, un masivo primer ataque, han desempeñado un papel central en la carrera de armamentos nuclear.

Las discusiones corrientes respecto de la disuasión incluyen a Thomas Schelling, *Strategy of conflict* (Nueva York: Oxford University Press, 1960); ref. 6.1; Lawrence Freedmann, The *evolution of Nuclear Strategy* (Nueva York: St. Martin's 1983), ref. 17.3; Robert Jervis, *The Illogic of American Nuclear Strategy* (Ithaca, N. Y.: Cornell University Press, 1984); R. Hardkin, J.J. Mearshimer, G. Dworkin y R. E. Goodin, eds., *Nuclear Dete-*

rrence: Ethics and Strategy (Chicago: University of Chicago Press, 1985); y ref. 17.8. Para un excelente pequeño resumen de un participante de primera mano, véase Robert S. McNamara, *Blundering into disaster* (Nueva York: Pantheon, 1986).

10.3:

Una preocupación expresada, tal vez algo injustamente, por Douglas Lackley: «El pensamiento de que un presidente estado-unidense carezca de energías para destruir la civilización deprime las mentes militares» («Misiles y mortales», en James P. Sterba, ed., *The Ethics of War and Nuclear Deterrence* [Belmont, Cal.: Wadsworth, 1985].)

10.4:

Maxwell Taylor, *Precarious Security* (Nueva York: Norton, 1976), 68-69.

10.5:

Los aviones de líneas comerciales han experimentado fallos simultáneos en todo los motores de reacción cuando volaban en medio de la troposfera a través de nubes de polvo tras las erupciones del monte Galunggung, Indonesia (1981), y el monte Redoubt, Alaska (1989). (Por ejemplo, Richard Witkin, «Un reactor aterriza a salvo después de que la ceniza volcánica parase los motores», *New York Times,* 17 de diciembre de 1989, 47. También, William J. Broad, «Amenaza al poder aéreo estadounidense: el factor polvo», *Science 213,* 1981, 1475-1477, que concluye: «Considerando la facilidad con que el factor polvo se ha pasado por alto, uno no deja de preguntarse si existen otros impedimentos no previstos que podrían complicar de una manera considerable los idealizados teatro de guerra que tienen en mente los militares.»)

10.6:

Crisis Stability and Nuclear War, Kurt Gottfried y Bruce G. Blair, eds. (Oxford: Oxford University Press, 1988).

10.7:

Si nos hallamos seriamente preocupados acerca de te asimetría de percepción, uno de los remedios radica en alentar las deliberaciones conjuntas Estados Unidos/Unión Soviética so-

bre la ciencia y las implicaciones políticas del invierno nuclear como se propuso en la Resolución Concurrente del Senado 36 «Para establecer una Comisión Mixta que elabore un Estudio conjunto por parte de los Estados Unidos y la Unión Soviética acerca del invierno nuclear», 99.ª Congreso (la ley murió en pl$_e$. na gestación, el 2 de abril de 1985), y «en el sentir del Congreso», provisiones añadidas al año fiscal 1986 y 1987 y Actas de Autorización de las relaciones exteriores:

> Los Estados Unidos y la Unión Soviética deberían estudiar conjuntamente... el «invierno nuclear» y el impacto que el invierno nuclear tendría sobre la seguridad nacional de ambas naciones; un estudio conjunto de esta naturaleza debería incluir la participación e intercambio de información y descubrimientos acerca del fenómeno de¡ invierno nuclear, y efectuar recomendaciones sobre posibles proyectos de investigación conjunta que beneficiarían a ambas naciones; y, en el momento apropiado, los otros Estados con armamento nuclear... deberían hallarse también implicados en el estudio.

A pesar de esas resoluciones, gubernamentalmente no se patrocinó ningún estudio conjunto que pudiera emprenderse. Han existido, y probablemente aún las haya, figuras influyentes en la política nuclear estadounidense a las que no hace muy felices la perspectiva de unas discusiones internacionales acerca de las implicaciones políticas del invierno nuclear. Por ejemplo, en 1984 se planteó una resolución en la Asamblea General. Por ejemplo, en 1984 se planteó una resolución en la Asamblea General de la ONU para realizar resúmenes de los estudios científicos existentes sobre los efectos climáticos de un guerra nuclear, con objeto de distribuirlos a los miembros de las naciones para su información. La votación (resolución 39/148 F, 17 de diciembre de 1984) fue de 130 votos a favor, con 11 naciones, entre ellas Estados Unidos, que se abstuvieron. Una posterior resolución (40/152 g, 16 de diciembre de 1985) propuso un estudio más sistemático por parte de las Naciones Unidas acerca de este tema. Se aprobó con 141 votos a favor. Se produjeron abstenciones, y sólo se opuso una nación: Estados Unidos. Esta resolución llevó al informe citado en ref. 3.16. En ambos casos todas las otras naciones que se abstuvieron se vieron —lo mis-

mo que Israel y Granada— fuertemente apoyadas por Estados Unidos y/o los aliados de la OTAN de los Estados Unidos.

Los científicos han realizado reuniones conjuntas, que comenzaron en 1983: la primera, en abril, en Cambridge, Ma-sachusetts, la segunda, en agosto, en Erice, Sicilia, y la tercera, en octubre, en Washington, D. C. (conexión con Moscú por satélite).

Desde 1983 se han celebrado gran número de reuniones multilaterales, sobre todo bajo los auspicios de SCOPE (ref. 3.11 y recuadro SCOPE, capítulo III). Pero se trata de un asunto en extremo diferente a las reuniones que incluyen discusiones relacionadas con temas políticos y que tienen lugar bajo los auspicios oficiales de Estados Unidos/Unión Soviética (a veces incluyendo asimismo a otras naciones).

10.8:

A. B. Pittock, «El impacto medioambiental de la guerra nuclear: Implicaciones de tipo político», *Ambio 18* (7), 1989, 367-371.

11.1:

Por ejemplo, W. H. Daugherty y otros (ref. 5.10) calculan que una ataque sobre las fuerzas nucleares estratégicas estadounidenses por parte de la Unión Soviética produciría hasta 43 millones de bajas sólo por la lluvia radiactiva inmediata (un promedio de 23 millones sobre una serie de *casos, y* un límite inferior de 12 millones). En Europa, cabría esperar un número de bajas aún mayor a causa de la gran cantidad y extrema dispersión de objetivos militares, así como por la elevada densidad de la población (J. Duffield y F. von Hippel, *The short-term consequences of Nuclear War for civilians,* simposio acerca de los Efectos medioambientales de una guerra termonuclear, Asociación estadounidense para el Avance de la Ciencia, Detroit, mayo de 1983 [Nueva York: Macmillan, 1984]; ref. 5.10). Una reciente estimación de bajas, a partir de toda clase de fuentes de radiactividad en un conflicto importante, las cifras en unos 180 millones de personas (ref. 5.9), sobre todo estadounidenses, soviéticas y europeas, con un ámbito superior que se aproxima a los 300 millones.

11.2:

Se han realizado previsiones optimistas por parte de la Agencia Federal de Dirección de Emergencias (*Nuclear Attack Planning Base-1990: Final Project Report,* Agencia Federal de Dirección de Emergencias, informe NAPB-90, Washington, D. C, abril de 1987), el Departamento de Defensa («Sensibilidad de los cálculos de daños colaterales ante unos escenarios limitados de guerra nuclear», *en Analyses of Effects of Limited Nuclear War* [Washington, D. C: Departamento de Defensa, 1975], 14) y de varios representantes de la defensa civil. Incluso algunas de esas menos optimistas valoraciones aún prevén una fuerte recuperación de la sociedad estadounidense al cabo de algunas décadas (A. Katz, *Life after Nuclear War* [Cambridge, Mass.: Ballinger, 1982]). Ninguno de esos estudios ha tomado en cuenta el invierno nuclear. Un primer intento por parte de un funcionario de la FEMA de explicar por qué el invierno nuclear no se considera en los planes de FEMA para la posguerra nuclear en Estados Unidos, se recoge en el testimonio ante el Congreso de David McLoughlin (*The consequences of Nuclear War,* Sesiones, 12 de julio de 1984, Comité Económico conjunto [ref. 2.6]).

Como una especie de autoparodia, respecto de la inclinación por parte de FEMA, de hacer ver que la guerra nuclear parece algo a lo que se pueda sobrevivir con rapidez, consideremos el siguiente consejo:

> «Si un arma detona cerca:
> a) Apague los incendios.
> b) Repare los daños.»
>
> [De la Agencia Federal de Dirección de Emergencia, *Shelter management handbook* (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, mayo de 1984). Reimpreso en Donna Uthus Gregory, ed., *The Nuclear predicament:* A *sourcebook* (Nueva York,: St. Martin's Press, 1986), 237.]

La tradición oficial de minimizar los peligros de las armas nucleares se retrotrae ya a Alexander de Seversky, autor de *Victory through Air power* (de cuya obra Walt Disney hizo una película conmovedora, patriótica y en la actualidad casi olví da, que alentaba a una confianza total en los bombarderos in-

tercontinentales para ganar la Segunda Guerra Mundial. Como «consultor especial del secretario de la Guerra», el Mayor de Seversky escribió, en *Reader's Digest,* seis meses después de Hiroshima y Nagasaki, que los efectos de estas explosiones «se han exagerado salvajemente... Las mismas bombas arrojadas sobre Nueva York o Chicago, Pittsburgh o Detroit, no se habrían cobrado un peaje en vidas más elevado que nuestras grandes bombas de demolición (revientamanzanas), y el daño en las propiedades se hubiera limitado a una rotura de cristales en un área muy extensa» (De Seversky, «La histeria de la bomba atómica», *Reader's Digest,* febrero de 1946).

11.3:

Los informes de la Agencia Federal de Dirección de Emergencia analizados y criticados en Jennifer Leaning y L. Keyes, eds., *The Counterfeit Ark: Crisis Relocation for Nuclear War* (Cambridge, Mass.: Ballinger, 1984). Véase asimismo ref. 11.2.

11.4:

Una distinción entre el plazo más breve «agudo» y el plazo más largo «crónico» de los efectos del invierno nuclear, lo sugirió por primera vez Donald Kennedy (en Paul R. Ehrlich, Carl Sagan, Donald Kennedy y Walter Orr Roberts, *The Cold and the Bark: The World after Nuclear War* [Nueva York: Norton, 1984, XXVII]). La fase aguda se afirma, por lo general, que tiene una duración de uno a tres meses, y la fase crónica de uno a tres años.

La duración de los efectos del invierno nuclear se halla entre los aspectos más pobremente entendidos del tema, en parte a causa de nuestra falta de experiencia del mundo real con la atmósfera altamente perturbada y en estado anómalo después de una guerra nuclear. Nuestro informe original TTAPS mencionaba la probabilidad de la autoelevación del humo a causa del calor solar (y de ahí la prolongada duración del invierno nuclear) y los efectos de retroalimentación climática en el sistema mundial del tiempo. Pero no calculamos ninguna de las dos cosas. Predijimos unos cambios significativos respecto del clima ordinario, con una duración de unos períodos que iban de unos cuantos meses a un año o dos. Los trabajos posteriores han confirmado que se produciría tanto la autoelevación como la retroalimentación *(feedback)* (refs. 3.9, 3.11; véase también R.

M. Haberle, T. P. Ackerman, O. B. Toon y J. L. Hollingsworth «Transporte global del humo atmosférico después de un inter-cambio nuclear importante», *Geophysical Research Letters 12* (1985), 405-408; R. C. Malone, L. H. Amer, G. A. Glatzmaier, M. C. Wood y O. B. Toon, «Invierno nuclear: simulacros tridimensionales con inclusión del transporte interactivo, eliminación y recalentamiento solar del humo», *Journal of Geophysical Research 91,* 1986, 1039-1053). Resulta probable que un intercambio central condujera a anomalías climáticas durante años después de haberse «terminado» la guerra nuclear. (C. Covey, «Efectos climáticos prolongados de la inyección masiva de humo en la atmósfera», *Nature 325,* 1987, 701-703; A. Robock, «La retroalimentación de nieve y hielo prolongan los efectos del invierno nuclear», *Nature 310,* 1984, 667 [lo que predice crónicos descensos de la temperatura de la superficie de los *océanos* de 2 a 6 °C, y una extensión de las temperaturas terrestres que comprometería la agricultura, por lo menos, durante el segundo verano posterior a la guerra]; T. P. Ackerman, R. P. Turco y O. B. Toon, «Efectos persistentes de las capas residuales de humo», en P. V. Hobbs y M. P. McCormick, eds., *Aerosols and Climate* [Hampton, Va.: Deepak Publ., 1988], 443-458.) Pero hace falta efectuar más trabajos acerca de este tema (Cf. también ref. 12.7.)

11.5:

Existen unas cuantas excepciones posibles para naciones pequeñas, ricas y étnicamente más homogéneas, como es el caso de Suiza y Suecia.

11.6:

Agencia Federal de Dirección de Emergencias, *Nuclear Attack Planning Base-1900: Final Project Report,* informe NAPB 90 (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, abril de 1987). Sabemos que el FEMA es oficialmente conocedor del invierno nuclear a partir del testimonio ante el Congreso de los funcionarios FEMA (cf. *The consequences of Nuclear War, 174*-198, 297, ref. 2.6) y por el hecho de que por sí misma ha encargado una serie de informes acerca del invierno nuclear (el primero de los cuales parece ser C. V. Chester, F. C. Kornegay y A. M. Perry, «Revisión preliminar del escenario de hrvierno nuclear del TTAPS». Laboratorio Nacional Oak Ridge/Martin Ma-

rietta Corp. Informe ORNL/TM-1223 para FEMA, julio de 1984).

Los «supervivicionistas» y otros que confían en salir intactos de los refugios después de una guerra nuclear tiene razones especiales para no ser tan felices respecto de la amenaza del invierno nuclear. Según un artículo en el *Portland Oregonian* («El Plan de refugios nucleares impulsado con la idea de la supervivencia», por John Darling, 29 de enero de 1988), un constructor de refugios de Oregon que también vende un libro que ofrece este asesoramiento: «El mito del invierno nuclear se halla aún extendido entre la gente poco informada y entre personas que desean que Estados Unidos permanezca sin defensas.» Entre las objeciones al invierno nuclear, expresadas en una reunión, en 1985, de la Asociación de Defensa Civil estadounidense, se halla el que los soviéticos no tomarían como blanco las ciudades de Estados Unidos; y que si lo hicieran, los incendios serían poco importantes («Habría pequeños incendios que podrían apagarse con toallas humedecidas o pisoteándolos»); y que «El invierno nuclear es un juego de niños... Esos científicos sólo crean pensamientos acerca de los horrores de la guerra para socavar la voluntad de resistencia por parte de Estados Unidos.» Pero, a su vez, la Defensa Civil tiene también un propósito político, por lo menos en las mentes de algunos: «Si una nación cree que puede proteger a una amplia parte de su pueblo, ¿no quiere esto decir que el país podría comenzar [y sobrevivir a] una guerra nuclear? ... La nación que tuviese la cantidad mayor de sobrevivientes sería una nación capaz de reconstruir su economía.» («El grupo de Defensa Civil tiene sus propias ideas respecto del día siguiente a una guerra nuclear», Por Karla Tipton, *Palmdale* [California] *Antelope Valley Press,* 19 de noviembre de 1985.)

11.7:

La escasa evidencia pública al respecto sugiere que el invierno nuclear no ha sido explícitamente considerado en el SIOP estadounidense, por lo menos hasta 1986 (ref. 13.26) y, lo más probable, es que en realidad nunca. No se sabe nada públicamente acerca de la influencia del invierno nuclear en el SIOP soviético. Powers (ref. 2.6) escribe:

> Según numerosas fuentes, no existe una revisión inde-

pendiente [por ejemplo, de la Oficina ejecutiva del presi dente] del SIOP en ningún estadio del proceso de planifi-cación; el tamaño del arsenal de Estados Unidos propor ciona el único límite al tamaño de una guerra importante proyectada; y nadie está implicado en extraer la conclusión de si el SIOP se halla autorizado para considerar los importantes efectos medioambientales de llevar a cabo el plan.

Sin embargo, a comienzos de 1987 la doctrina estadounidense respecto de los objetivos comenzó lentamente a desplazarse en una dirección en consonancia con las implicaciones del invierno nuclear. (Véase capítulos VIII y XIII.)

12.1:
The medical implications of nuclear war, F. S. Solomon y R. Q. Marston, eds., Instituto Nacional de Medicina de Estados Unidos (Washington, D. C: Academia Nacional de Ciencias, 1986), 619 págs.

12.2:
D. S. Greer y L. S. Rifkin, «El impacto inmunológico de las armas nucleares», en ref. 12.1.

12.3:
En particular la novela de Nevil Shute, *On the beach* (Nueva York: Morrow, 1957), en la que la radiactividad de la bomba de cobalto de una Máquina del Juicio final llega a extinguir la especie humana.

12.4:
Cao Hongxing y Lin Yuhe, «Los efectos climáticos del invierno nuclear», informe Taller Panterrestre, Pekín (Beijin), 25-31 de agosto de 1988, Academia Sínica, China.

12.5:
S. H. Schneider y S. L. Thompson, «Simulación de los elec tos climáticos de la guerra nuclear», *Nature 333,* 221-227; J-B. Mitchell y A. Sungo, «Efectos climáticos de la guerra n clear: el papel de la estabilidad atmosférica y los flujos terrestres de calor», *Journal of Geophysical Research 93* (D6), 1988 7037-7045, S. J. Ghan, M. C. MacCracken y J. J. Walton, "La

respuesta climática a unas inyecciones importantes de humo en la atmósfera: estudios de sensibilidad con un modelo de circulación general troposférico», *ibíd., 93* (D7), 1988, 8315-8338.

12.6:

A. B. Pittock, *Beyond Darkness: Nuclear Winter in New Zealand and Australia* (S. Melbourne: Sun Books, 1987); ref. 3.11.

12.7:

Debido a la mayor proporción entre océano y tierra en el Hemisferio Sur, la inercia térmica (resistencia a los cambios de temperatura) serían mayores en el Sur que en el Norte. Si la guerra tuviese lugar en el verano nórdico (maximizando allí los efectos agudos del invierno nuclear), tendría lugar en el invierno meridional (minimizando allí los efectos agudos); pero los efectos crónicos a largo plazo serán importantes en ambos hemisferios. Aunque tales efectos aún no se han estudiado de manera adecuada, resulta probable que cantidades masivas de humo se desplazasen desde el Norte hacia el Sur. Pero no habría tanto transportado hacia el Sur como suspendido en el Norte. Incluso con algunos objetivos en el Sur, creemos que los efectos del invierno nuclear en el Sur serían más benignos que en el Norte. Obsérvese que, incluso en los casos en que la cantidad de humo en el Hemisferio Sur no fuese directamente significativa para las temperaturas o los niveles de luz, sus efectos sobre las lluvias y la sequía resultarían de todos modos desastrosos para la agricultura.

Otra fuente de incertidumbre la constituye el enfriamiento de los océanos. En una guerra en verano, las capas más altas de los océanos, en las latitudes medias, se calcula que se enfriarían entre 3 y 5 °C (cf. Robock, ref. 11.4) y esas capas frías alcanzaban una profundidad de 25 m en el primer mes después de la guerra (T. R. Mettlach, R. L. Haney, R. W. Garwood y S. J. Ghan, «La respuesta de la parte superior del océano a una prolongada inyección, en época de verano, de humo en la atmósfera», *Journal of Geophysical Research 92,* núm. C2, 1987, 1967-1974). Nadie sabe cuál sería la respuesta a largo plazo del océano, y cómo un océano más frío llegaría a enfriar más tarde la zona terrestre en cada uno de los hemisferios. Éste es otro de los problemas del invierno nuclear que precisa con urgencia de una investigación.

12.8:

L. da Silva, «Consecuencias climáticas de una guerra nuclear para Sudamérica», *Proceedings International Symposium on Science, Peace and Disarmement*, G. A. Lemarchand y A R. Pedace, eds. (Buenos Aires: World Scientific, 1989).

12.9:

A. B. Pittock «Impactos medioambientales sobre Australia de una guerra nuclear», *Ambio 18* (7), 1989, 395-401.

13.1:

Declaración de Delhim, 28 de enero de 1985 (Asamblea General de las Naciones Unidas, Consejo de Seguridad, 40.ª sesión, 1 de febrero de 1985, A/40/114, 1-5. Véase asimismo, *ibid.* 39.ª sesión, 23 de mayo de 1984, A/39/277, 1-5). Obsérvese la declaración conjunta del 22 de mayo de 1984, por parte de los mismos jefes de Estado y de gobierno, en la que condenan «la carrera hacia el suicidio global», y declaran que «la gente a la que representamos no está menos amenazada por la guerra nuclear que los ciudadanos de los Estados provistos de armamento nuclear». Esto resulta, aproximadamente, verdad, excepto tal vez para Argentina. Su punto de vista quedó resumido por el primer ministro sueco, Olof Palme, al recibir el Premio anual «Más Allá de la Guerra» (San Francisco, 14 de diciembre de 1985), en nombre de los seis dirigentes. Tras describir el invierno nuclear como «el planteamiento de un peligro sin precedentes para todas las naciones», prosiguió: «Incluso aunque nos encontremos muy alejados de las explosiones nucleares, resultaríamos afectados por el empleo de las armas nucleares, Y. por lo tanto, también tenemos derecho a decir algo acerca de su uso. Los científicos han puesto los cimientos para la clara filosofía que se halla detrás de la Iniciativa de Paz de los Cinco continentes.»

«Para las especies y el planeta», en *Ending the Deadlock The political challenge of the Nuclear Age* (Nueva York, Acción global parlamentaria, 1985); asimismo, *Bulletin of the Atomic Scientists 41* (10), noviembre de 1985, 4-5.

13.3:

Javier Pérez de Cuéllar, discurso ante la Asamblea General de la ONU, 12 de diciembre de 1984, acta provisional de las sesiones, A/39/PVV.97. Véase también también, «Declaración del Secretario General ante la Asamblea General sobre temas de desarme», *Disarmament 13* (1), primavera de 1985, 3-7.

13.4:

Misión de Nueva Zelanda ante las Naciones Unidas, declaración del primer ministro ante la Asamblea General, 39.ª sesión, 25 de setiembre de 1984.

A principios de 1984, y en varias ocasiones posteriores, David Lange, el primer ministro, declaró: «Nueva Zelanda no desea verse defendida con afinas nucleares.» «Nueva Zelanda nunca adquirirá armas nucleares, y no pide a las potencias amigas que las empleen en su defensa... Asimismo, es un punto de vista de su gobierno que son las armas nucleares por sí mismas las que constituyen una amenaza real y potencialmente catastrófica.» (Gobierno de Nueva Zelanda, *The Defence Question* [Wellington, 1985].) El diplomático neocelandés, Kennedy Graham, escribe:

Lo que Nueva Zelanda pone ahora en tela de juicio es la racionalidad de la disuasión nuclear, y esto lo hace en nombre de la seguridad nacional... Al tomar en cuenta todas esas probabilidades, el riesgo de la disuasión y un conflicto nuclear que tenga lugar dentro del plazo de los próximos quince años, todo ello se valora aquí en uno entre cinco. Algunos no dudarán en asignar un elevado factor de riesgo, otros uno más bajo... Si el riesgo es significativo, en ese caso se enfoca ciertamente sobre un período calculable de tiempo, en las valoraciones aquí efectuadas, frente a un plazo de 75 años... Con unas posibilidades tan extraordinariamente elevadas, ¿resulta tolerable dejar tras de sí semejante herencia?...

Los años 1980 han visto la culminación de todo esto... La continua fabricación de armamentos, la creciente sofisticación de las armas y la militarización del espacio, todo ello ha intensificado los temores de los años 1970 respecto de la fiabilidad de las tendencias estratégicas en los últimos tiempos, y, por enci-ma de todo, el mundo se ha unido frente a la amenaza nuclear.

Graham prosiguió entonces con la descripción del invierno nuclear (Graham, «La política no nuclear de Nueva Zelanda hacia una seguridad global», *Alternatives 12* [2], abril de 1987 224, 228, 230).

Puntos de vista de esta clase no fueron muy bien recibidos en Washington, en especial después de que Nueva Zelanda se negase a que los buques de guerra de Estados Unidos visitasen sus puertos si —como es política de Estados Unidos— no confirmaban o negaban si eran portadores de armas nucleares. El ex primer ministro Sir Wallace Rowling, el embajador de Nueva Zelanda en Estados Unidos, durante los años Reagan, fue *casi persona non grata,* y no se le permitió siquiera presentar sus cartas credenciales ante el presidente. El secretario de Defensa Weinberger, en un viaje a Australia, fingió no haber oído hablar*í* nunca de Nueva Zelanda. Los funcionarios estadounidenses temían que la política de Nueva Zelanda de prohibir las armas nucleares de Estados Unidos se convirtiese en algo contagioso. Se puso en evidencia que era probable que otros países atraparan este virus, cuando se reveló que Estados Unidos habían pasado por alto el informar a las naciones aliadas más próximas y a otros territorios (Canadá, Islandia, Bermudas y Puerto Rico) de que se habían realizado planes de contingencia para desplegar armas nucleares en su suelo (Leslie H. Gelb, «Los planes de Estados Unidos para desplegar armas-A no se declararona las naciones huéspedes», *New York Times,* 13 de febrero de 1985) Al día siguiente, el *Times* manifestó la preocupación acerca de «una voluntad por desenmarañar» el apoyo a la auténtica política nuclear de Estados Unidos entre las naciones de la OTAN lo que entonces se llamó «alergia nuclear» *(ídem,* «Estados Unidos trata de combatir la resistencia de los Aliados a las armas nucleares: se dice que esto se halla ya muy extendido», *New York Times,* 14 de febrero de 1985).

13.5:

Nigeria: «No existirá para todos nosotros ningún lugar en el que ocultarnos, aunque no tengamos en ello la menor participación, aunque se haya continuado previniendo contra esta irracional diversión de los... recursos.»

Rumania: «El empleo de, simplemente, una pequeña parte de los arsenales actualmente existentes, acarrearía la destruc-

ción de todo rastro de civilización.»

China: «Si eligiesen usar sólo una pequeña fracción de sus arsenales nucleares, no sólo sufriría la gente de esas dos potencias, sino que las personas de todo el mundo se zambullirían en un holocausto sin precedentes... Por esta razón, los numerosos países pequeños y de tamaño medio... se hallan plenamente justificados al pedir «que Estados Unidos y la URSS] detengan de inmediato su carrera de armamento nuclear y tomen la di-rección de una drástica reducción en sus armas nucleares.» Canadá: «Incluso para los supervivientes, el mundo sería virtualmente inhabitable después de un importante conflicto nuclear.»

El embajador de Canadá en la Conferencia de Desarme de las Naciones Unidas argumentó que el invierno nuclear «deberío bligar al mundo a desembarazarse de las armas nucleares», («Roche pide reducciones en armas-N», *Winnipeg Free Press,* 16 julio de 1985.)

13.6:

Comunicado a la Prensa, Oficina del primer ministro, We-lington, Nueva Zelanda, 28 de agosto de 1986: «El dinero pagado en compensación por el asunto del *Rainbow Warrior* se invertirá en el primer estudio detallado, realizado en Nueva Zelanda, de los efectos que tendría para este país un "invierno nudear".»

13.7:

Comunicación privada de Dennis Healey a C. S., 3 de di-ciembre de 1986.

13.8:

Henry Kamm, «El jefe griego vuela hoy a Moscú: matiza las observaciones y dice que las diferencias con Estados Unidos son sólo peleas entre amigos», *New York Times,* 11 de febrero de 1985.

Comunicación privada de Yevgueni Velijov a C. S., 24 de enero de 1984.

13.10:

En una reunión, el 29 de setiembre de 1987, en el Instituto de Estudios de Estados Unidos y Canadá de la Academia de

Ciencias Soviética, en Moscú, el general de División, Boris Tro fimovich Surikov, del Estado Mayor soviético, le dijo a uno de nosotros (C. S.) que el invierno nuclear se discute a menudo en el Ministerio de Defensa ya ha influido en la política estratégica soviética. La principal implicación política, dijo al responder a una pregunta, radica en la necesidad de reducciones más importantes en las armas estratégicas. Andréi Kokoshin, uno de los vicedirectores del Instituto, también declara que existe, entre los militares soviéticos, un amplio conocimiento de las implicaciones del invierno nuclear.

13.11:

Esto no fue cierto en la prehistoria del invierno nuclear. El documento Crutzen/Birks de 1982 (véase recuadro, «Invierno nuclear: principios de la historia y prehistoria», capítulo III) —y toda la edición de *Ambio* en la que se publicó— se clasificó como secreto en la Unión Soviética, por lo que incluso especialistas en física atmosférica y química eran ignorantes por completo del mismo. (G. S. Golitsin, conferencia en la Universidad Cornell, 6 de marzo de 1989.) Sin embargo, inmediatamente después de la conferencia en Washington D. C, del 31 de octu-bre-2 de noviembre de 1982, en que se discutió por primera vez en público el asunto del invierno nuclear —y que incluyó una discusión televisada por satélite con los científicos soviéticos en Moscú—, se dedicó una considerable atención, en los medios de comunicación soviéticos, a los nuevos descubrimientos: por ejemplo, G. Vasiliev. «Las sopesadas palabras de los científicos», *Pravda,* 16 de noviembre de 1983; *Pravda,* 3 de diciembre de 1983, «Los científicos declaran que no puede permitirse la guerra nuclear», *Pravda,* 9 de diciembre de 1983; G. Gontarev, «El cuarto puente por televisión entre la URSS y Estados Unidos: No a la guerra nuclear», *Vestnik,* Agencia de Prensa No-vosti *(Panorama soviético),* núm. 236, 5 de diciembre de 1983; V. Simonov, «El día después: contemplando lo impensable». *Literaturnaia Gazeta,* 23 de noviembre de 1983; *Izvestia,* 23 de noviembre de 1983; programa de TV «Vremia» a toda la Unión. 11 de diciembre de 1983; «Conferencia por TV de los científicos soviéticos y estadounidenses», Servicio de Televisión de Moscú primera emisión el 24 de marzo de 1984 (programa de 1 hora, audiencia estimada: 100 millones de personas); *Sovietskaia Rossia,* 4 de diciembre de 1983, y N. Paklin, «Hay que impedir

un invierno nuclear», *Izvestia,* 27 de enero de 1984. Desde entonces han continuado apareciendo artículos; por ejemplo, *Semanario de Noticias de Moscú,* num. 13, abril de 1984, o el artículo «Impedir una catástrofe», por los científicos G. Goldanski y S. Kapitsa, en *Izvestia,* 19 de julio de 1984, que incluye estas líneas: «Todos los cálculos están de acuerdo en que el número de armas nucleares existentes exceden del umbral más allá del cual se pondría en movimiento una reacción geofísica global. Esto significa que nuestra Tierra es demasiado pequeña para las armas concentradas sobre ella.» Otras publicaciones posteriores incluyen: *Sovietskaia Rossia,* 30 de noviembre de 1984; *Komsomolskaia Pravda,* 7 de marzo de 1985; *Izvestia,* 25 de julio de 1985; A. Palladin, *Izvestia,* 28 de julio de 1985; A. Palladin, *Izvestia,* 28 de julio de 1985, *Sozialilistishnaia Industria,* 28 de marzo de 1985; artículos por O. Morioz y Y. P. Velijiov, en la *Literaturnaia Gazeta* de, respectivamente, 25 de diciembre y 22 de enero de 1986; el grupo de artículos publicados en la revista científica popular *Priroda,* junio de 1985; y «Guerra nuclear: una oscuridad eterna», en *Anuario de 1986 de la URSS* (Moscú: Editorial Agencia de Prensa Novosti, 1986). Entre los programas de televisión emitidos en este período, los de 24 de marzo de 1984, 140 GMT y 16 de julio de 1985, 1510 GMT, incluyeron discusiones acerca de la naturaleza e implicaciones políticas del invierno nuclear, en traducción al ruso, por uno de nosotros (C. S.). Existe asimismo cierto número de artículos científicos soviéticos acerca del invierno nuclear, algunos de los cuales han sido comentados en ciertas partes de estas referencias. El primero en verse publicado en una revista científica occidental fue V. V. Alexandrov, «Un punto de vista soviético del invierno nuclear», *Chemtech 11,* 1985, 658-665; y G. S. Golitisin, y A. S. Ginsburg, «Estimaciones comparativas de las consecuencias climáticas de las tormentas de polvo marcianas y una posible guerra nuclear», *Tellus 37B,* 1985, 173-181. Esas publicaciones estuvieron precedidas por una presentación conjunta estadounidense-soviética, «Consecuencias globales climáticas de la guerra nuclear: simulaciones con modelos tridimensionales», Por S. L. Thompson, V. V. Alexandrov, G. L. Stenchikov, S. H. Schneider, C. Covey y R. M. Chervin *(Ambio 13* [4], 1984, 126-243), que concluyen: «Los resultados están aproximadamente en línea con la... publicación TTAPS.» Véase asimismo K. Y. Kondraiev y G. A. Nikolski, «Una presentación de los posibles

impactos medioambientales de un conflicto nuclear en la atmósfera y el clima de la Tierra», informe del Comité de la URSS para el Programa medioambiental de la ONU (Ginebra, 1986); y Yuri Fiodorov, «Invierno nuclear y política nuclear de Estados Unidos», *Mirovaia Ekonomika y Mezhdunarodnie Otnoshenia* junio de 1986, 77-82.

La popular revista científica estadounidense *Scientific American* se ha publicado, durante algunos años, en una edición rusa, aunque, al principio, con los artículos acerca de la guerra nuclear y el control de armamentos sistemáticamente expurgados. Pero éste ya no es el caso en la actualidad. El primero de tales artículos en publicarse en la URSS fue el de R. P. Turco, 0. B. Toon, T. P. Ackerman, J. B. Pollack, y C. Sagan, «Los efectos climáticos de la guerra nuclear», *Scientific Americann 251* (2), agosto de 1984, 33-43, reimpreso en ruso en *V. Mire Nauki,* octubre de 1984, 4-16.

Una dramatización soviética por televisión de los efectos directos de una guerra nuclear, así como del invierno nuclear, titulada «Cartas de un hombre muerto», fue ampliamente vista en la URSS, a principios de julio de 1986. Y —otra indicación del conocimiento por parte de los soviéticos del invierno nuclear— Andréi Voznesenski dedicó un poema a los peligros del invierno nuclear (*Moscú Tass,* 15 de mayo de 1984).

13.12:

«Guerra nuclear e invierno nuclear», seminario dirigido por Carl Sagan en la Universidad Estatal de Moscú, 19 de marzo de 1986. Información del mismo en *NTR: Problemi I Rezhenia 6* (21), 18 de marzo de 1986, 1, 7.

13.13:

Vladimir F. Petrovski, «El concepto soviético de la Segundad total al empezar el siglo XXI», *Disarmament 9* (2), primavera de 1986, 77-92.

13.14:

Por ejemplo, Y. P. Velijov, ed., *La noche después: advertencia científica* (Moscú: Mir, 1985).; A. Gromyko y V. Lomeiko, *Consecuencias de una guerra nuclear* (Moscú: Relaciones Interna' cionales, 1984); G. S. Golitsin y A. S. Ginsburg, *Posibles consecuencias climáticas de una guerra nuclear y algunas cosas*

naturales análogas: una investigación científica, Comité de Científicos soviéticos en pro de la Paz y contra la Amenaza Nuclear (Moscú, 1984); N. N. Moiseiev, B. V. Alexandrov y A. M. Xarko, *El hombre y la biosfera: una prueba de análisis de sistemas y experimentos con ordenadores* (Moscú: Nanka, 1985); A. Jabarov y A. Sneguin, *Consecuencias para Asia de una guerra nuclear* (Moscú: Editorial Novosti, 1985); M. I. Budyko, G. S. Golitsin e Y. A. Izrael, *Global Climatic catastrophes* (Nueva York y Berlín: Springer Verlag, 1988); A. Ginsburg, *El planeta Tierra en la era posnuclear* (Moscú: Nauka, 1988); ref. 13.15.

13.15

Y. P. Velijov en *Consecuencias climáticas y biológicas de la guerra nuclear* (Moscú: Nauka, 1986), 183-184. También Velijov en Sadruddin Aga Kan, ed., *Nuclear war, nuclear proliferation and their consequences* (Oxford: Oxford University Press, 1985).

13.16:

Al principio de su carrera, Mijaíl Gorbachov tuvo a su cargo la agricultura soviética, lo cual ha podido llevarle a una posición que le permite apreciar mejor que otros dirigentes las consecuencias de incluso un invierno nuclear benigno.

13.17:

M. S. Gorbachov, discurso, Foro Internacional para un Mundo Libre Nuclearmente y por la Supervivencia de la Humanidad, 16 de febrero de 1987. Una observación similar se reflejó en un documento entregado, en 1984, por Imamullah Kan, secretario general del Congreso Mundial Musulmán en Karachi: «El Congreso Musulmán Mundial rechaza la noción de que la ^uténtica supervivencia de la Humanidad deba ser un rehén de 0s intereses de seguridad de un puñado de estados con armamento nuclear.» (Kan, «La guerra nuclear y la Defensa de la Paz: El punto de vista musulmán», documento presentado en una conferencia de científicos y dirigentes religiosos mundiales sobre invierno nuclear, Bellagio, Italia, 19-23 de noviembre de 1984.)

13.18:

Por ejemplo, C. Sagan, «El invierno nuclear», *Parade,* 30 de octubre de 1983, 4-7; «Invierno nuclear: efectos de la guerra

atómica», *Nightline,* ABC-TV, 1 de noviembre de 1983; «El día después: dilema nuclear», *Viewpoint,* ABC-TV, especial, 20 de noviembre de 1983; P. Ehrlich, C. Sagan, D. Kennedy y W. O. Roberts, *The cold and the dark: The World after nuclear war* (Nueva York: Norton, 1984, y muchas ediciones extranjeras)' Anne Ehrlich, "Invierno nuclear": una previsión de los efectos climáticos y biológicos de la guerra nuclear», *Bulletin of the Atomic Scientists 40,* 1984, 3S-14S; C. Meredith, O. Greene y M Rentz, *Nuclear Winter: A New Dimension for the Nuclear Debate* (Londres: SANA, 1984); «Invierno nuclear», *Nightline* ABC-TV 18 de julio de 1984; «Invierno nuclear», *Face the Nation,* CBS-TV, 16 de diciembre de 1984; «El mundo tras una guerra nuclear», WTBS Superestación, Atlanta, marzo de 1984 (numerosas emisiones); C. Sagan, «Podemos impedir el invierno nuclear», *Parade,* 30 de setiembre de 1984, 13-17; M. Harwell, *Nuclear Winter: The Human and Environmental consequences of Nuclear War* (Nueva York y Berlín: Springer Verlag, 1984); «El invierno nuclear: charla televisada pronunciada el 19 de octubre de 1984, Denver: primera emisión nacional en CBS, abril de 1985; «Invierno nuclear: cambiando nuestra forma de pensar», Consejo de Defensa de Recursos Naturales, conferencia de Washington, D. C, primera emisión televisada en directo en unión de 150 ciudades, 18 de abril de 1985; Owen Greene, Ian Percival e Irene Ridge, *Nuclear Winter: The evidence and the risk* (Cambridge: Polity Press y Oxford: Blackwell, 1985); Michael Rowan-Robinson, *Fire and Ice: The Nuclear Winter* (Harlow, Essex, Inglaterra, Longman, 1985); A. C. Revkin, «Duros hechos acerca del invierno nuclear: todo el mundo sabe que la guerra nuclear sería horrible pero nadie esperaba esto», *Science Digest,* marzo de 1985, 1, 62-68, 77, 81, 83; S. L. Stephens y J. W. Birks, «Después de una guerra nuclear: perturbaciones en la química atmosférica», *BioScience 35,* 1985, 557-562; C. Covey, «Efectos climáticos de la guerra nuclear», *BioScience 35,* 1985, 563-569; Barbara G. Levi y Tony Rothman, «Invierno nuclear: asunto de grados», *Physics Today,* setiembre de 1985, 58-65; Lydia Dotto, *Planet Earth in Jeopardy* (Nueva York, Wiley, 1986); P. Crutzen y J. Hahn, Schwarzer Himmel (Frankfurt: Fischer Verlag 1986); Marcus Chown, «Guerra nuclear: los espectadores morirán de hambre», *New Scientist* (Londres), 2 de enero de 1986 *ídem,* «Humeando las características del invierno nuclear *ibíd.,* 11 de diciembre de 1986; André Berger, «El invierno nu-

clearr», *La Recherche 17,* 1986, 880-890; G. E. McCuen, ed„ *Nuclear Winter* (Hudson, Wis., Gem, 1987); A. Robock, «Nuevos modelos confirman el invierno nuclear», *Bulletin of the Atomic Scientists,* setiembre de 1989, 32-35; Christine Haewell y Mark jjawell, *Nuclear Famine* (Burlington, N.C.: Carolina Biology Readers num. 185, 1990); C. Sagan y R. Turco, «Demasiadas armas en el mundo», *Parade,* 4 de febrero de 1990, 1013; David g. Fisher, *Fire and Ice: The greenhouse effect, ozone depletion and Nuclear Winter* (Nueva York: Harper & Row, 1990); y muchas otras referencias (por ejemplo, refs, 2.2-2.7), que se proporcionan en este libro. El invierno nuclear ha sido también descrito en cierto número de novelas de ciencia ficción y relatos cortos, y en cómics editoriales (por ejemplo, uno en el *Philadelphia Inquirer,* con el título de «Habrá oscuridad»).

La resistencia mostrada incluso ante las descripciones más realistas de las consecuencias de la guerra nuclear, quedaron de lo más vivido en la reacción ante la dramatización televisiva de 20 de noviembre de 1983: «El día después». El programa hacía hincapié en los incendios y en las enfermedades por radiación, ignoraba el invierno nuclear y conseguía acabar en una nota optimista. A pesar de esto, hubo mucha crítica por mostrar a millones de estadounidenses muertos por la guerra nuclear, diciendo que esto aterrorizaría al pueblo norteamericano y le sumergiría en la apatía y en el derrotismo. En una discusión por televisión en ABC, titulada *Punto de vista,* que siguió inmediatamente a esta dramática representación, uno de nosotros presentó brevemente algunos de los por entonces muy recientes decubrimientos del invierno nuclear. El ex consejero de Seguridad Nacional y secretario de Estado Henry Kissinger expresó su enfado:

> Enzarzarse en una orgía de demostraciones de lo horribles que son las bajas en una guerra nuclear, y trasladar en imágenes las estadísticas que ya se conocen desde hace tres décadas, y que luego el señor Sagan diga que aún podría ser peor que esto, lo que yo diría es: «¿Qué podemos hacer al respecto?» Y sería lo siguiente: ¿Se supone que hemos de hacer política asustándonos a nosotros mismos hasta la muerte...?

Una mucho más realista dramatización del día siguiente a

una guerra nuclear, incluyendo por lo menos alguna de las consecuencias del invierno nuclear, se incluye en el filme de la BBC «Hebras», emitido en primer lugar en el Reino Unido, el 23 de setiembre de 1984, y luego a través de la Turner Broadcasting System, a partir de 13 de enero de 1985. (Se vio seguida por el documental de la BBC acerca del invierno nuclear, «En el octavo día».) Lo más fuerte de «Hebras», según informó el *Times* de Londres, fue su demostración de «lo peligrosamente que está construida nuestra sociedad humana, y cuan fácilmente puede quebrarse..., como una tela de araña en la que un colegial mete un dedo» («La frágil tela de la sociedad humana», 24 de setiembre de 1984).

A pesar de este ámbito y variedad en la exposición pública del invierno nuclear, hubo algunos que sintieron que no recibía la atención que merecía. Por ejemplo, he aquí los comentarios del físico y premio Pulitzer, Lewis Thomas:

> La primera vez que me enteré de los detalles de este descubrimiento, a finales de la primavera de 1983, lo tomé como la mayor muestra de buenas noticias que facilitaba la ciencia en todo el siglo xx (un siglo con una escasa parte de buenas noticias hasta ahora). Más avanzado el año, el 31 de octubre, se convocó una conferencia internacional en Washington, con el fin explícito de conseguir que la amenaza del invierno nuclear se convirtiera en tan pública como fuese posible. Iban a asistir varios centenares de eminentes científicos de veinte países, que representaban las disciplinas y subdisciplinas de la física, la climatología, la biología, y la medicina, además de varios funcionarios públicos estadounidense y extranjeros, educadores, expertos en política exterior y especialistas militares y en control de armamento. Estuvieron presentes más de un centenar de periodistas de Prensa, televisión y radio. El 1 de noviembre, la asamblea de Washington quedó unida por satélite, en directo y en vivo, con un grupo de científicos soviéticos, en Moscú, para un intercambio de puntos de vista en ambas direcciones.
>
> Y luego, en los días y semanas que siguieron, ocurrió la cosa más extraña: mucho ruido y pocas nueces.Algunos de los principales periódicos nacionales publicaron breves o casi superficiales reseñas de la conferencia, y la mayor

parte de ellas en páginas interiores. No recuerdo ninguna mención al asunto en ninguna red de programas de noticias al día siguiente, ni tampoco cualquier otro día, con la única excepción de la discusión de media hora en el programa de la ABC *Nightline.* Un mes después, cuatro científicos soviéticos acudieron a testificar a Washington sobre el mismo tema en la Sala de Reuniones del Senado, junto con otro cuatro colegas estadounidenses, por invitación de los senadores Kennedy y Hatfield. Expresaron su acuerdo total con las conclusiones alcanzadas en el cierre de la conferencia de octubre. Esta reunión, también sin precedentes, estuvo abierta al público y asistieron, por lo menos, un núcleo de representantes de los medios de comunicación. No se dio ninguna noticia por los programas de noticias televisadas por la noche, y virtualmente ninguna en la edición de la Prensa del día siguiente. [«Una vez más el invierno nuclear», *Discover,* octubre de 1985.]

13.19

A causa, según cree un sovietólogo, de la censura militar en una disputa interna abierta entre varias facciones (ref. 13.27).

13.20

Los mismos autores han dado extensas explicaciones sobre el invierno nuclear a la Agencia de Defensa Nuclear, y otras oficinas del Departamento de Defensa, a la CIA, a la Agencia de Seguridad Nacional, a la Agencia de Control de Armas y Desarme, al Colegio Nacional de la Guerra, al Comité de Servicios Armados del Senado y a otros muchos comités del Senado y del Congreso.

13.21

Dos justas y representativas reacciones de la rama legislativa en una Sesión Conjunta Congreso/Senado sobre el tema del invierno nuclear:

El republicano Parren J. Mitchell, de Maryland:

> Me ha costado algún tiempo recuperarme. Se trata de una increíble experiencia, el que estemos aquí reunidos en esta atestada sala discutiendo lo que parecen ser los lógicos y explícitos términos de la posible extinción de la Humanidad. No sé cómo la gente puede captar la dimensión de

aquello de lo que estamos hablando con nuestro lenguaje usual, comedido y civilizado. Para mí constituye una experiencia en extremo traumatizante.

El senador James R. Sasser, de Tennessee:

Muchas gracias, senador, y deseo alabarle, senador Proxmire, por tomar la decisión de que hoy estemos realizando esta sesión. Creo que es en extremo importante, y lo que ha desarrollado hoy, a partir de este grupo de muy distinguidos expertos, constituye un testimonio de lo más interesante y de lo que opino que es algo de lo más informativo y, al mismo tiempo, profundamente turbador, y constituye un gran servicio que me parece que se hace al país..., un gran servicio a toda la Humanidad: hacer conocer esta información y ponerla sobre el tapete, para que, por lo menos, algunos de los líderes de la opinión de nuestra sociedad y nuestro gobierno, puedan enterarse y, confiemos, lleguen a reaccionar de un modo racional.

[Las consecuencias de la guerra nuclear: sesiones ante el Subcomité de Comercio Internacional, Finanzas y Seguridad Económica del Comité Económico Conjunto, Congreso de los Estados Unidos, 98.° Congreso, segunda sesión, 11 y 12 de julio de 1984 (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1986, 78, 80.)]

13.22:

Caspar N. Weinberger secretario de Defensa, informe al Congreso, «Los efectos potenciales de la guerra nuclear sobre el clima », 1985, y subsiguientes años fiscales. Esos informes fueron encargados por el Congreso para que fuesen «un estudio omnicomprensivo de las consecuencias atmosféricas, climáticas, biológicas, de la salud y del medio ambiente, respecto de las explosiones nucleares y los intercambios nucleares y las implicaciones que tales consecuencias tienen para las armas nucleares, el control de armamentos y las políticas de defensa civil de los Estados Unidos», por ley de Autorización de la Defensa Nacional para el año fiscal de 1987. Se las considera ampliamente como poco adecuadas al claro deseo expresado por el Congreso. En el Año fiscal 1988, el informe se redujo a la extensión de una única página. En réplica a una carta del senador

Timothy Wirth, que describe los informes del Departamento anteriores a 1988como «demasiado flojos y carentes del suficiente detalle para cumplir con la legislación en vigor», a lo que el secretario de Defensa replicó que el «invierno nuclear es una hipótesis cuya ciencia no es muy bien comprendida por la comunidad científica. En sus predicciones abunda el dar por sentadas las incertidumbres». (Caspar N. Weinberger a Timothy E. Wirth, 13 de octubre de 1987.) Compárese esta observación con, por ejemplo, las refs. 3.9, 3.11, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16; véase asimismo los recuadros «Grandes incendios, polvo marciano e invierno nuclear», capítulo III, y «¿Morirían realmente miles de millones de personas por el invierno nuclear?», capítulo V. Aunque ahora decimos que sólo serían 10 °C, y no 20 °C, el invierno nuclear resultante de una guerra nuclear, uno podría creer que esta auténtica temperatura de Era glacial debería tener una honda influencia en la planificación estratégica de Estados Unidos. También hemos quedado sorprendidos por la reluctancia a apoyar posteriores investigaciones sobre el invierno nuclear por parte de aquellos que alegan que las incógnitas científicas impiden extraimplicaciones políticas a partir del invierno nuclear.

13.23

Documentación de la Casa Blanca, «La iniciativa estratégica de Defensa del Presidente» (Washington, D. C, Presidente de Estados Unidos, 1985), l0 págs.

13.24

Richard N. Perle, ayudante del secretario de Defensa, testimonio, Comité de Ciencia y Tecnología del Congreso, 14 de marzo de 1985, informe de la «Associated Press», 2 de abril de
1985.

> Washington: El Pentágono admite que una guerra nuclear barrería la vida de nuestro planeta, pero dice que no hay razón para cambiar la doctrina nuclear o dejar de fabricar armas atómicas... Richard Perle dijo: «Estamos persuadidos de que una guerra nuclear sería algo terrible, pero creemos que lo que estamos haciendo respecto de la modernización nuclear estratégica y control de armamentos es algo consistente y creemos que ello no deja de ser acertado a pesar del fenómeno del invierno nuclear.»

Sin embargo, puede encontrarse un punto de vista algo diferente en el testimonio de Perle ante el Comité de Servicios Armados del Senado, más avanzado ese mismo año *(Invierno nuclear y sus implicaciones,* ref. 2.6) y, por ejemplo, «Perle dice que el invierno nuclear pide profundas reducciones» *(Defense Daily,* 10 de octubre de 1985). Algo parecido a ambos puntos de vista, junto con la noción de que el invierno nuclear también se inclina al apoyo del SDI, «modernización estratégica» y a una flexible elección de blancos para el control de la escalada, todo lo cual se halla en un informe del secretario de Defensa, de marzo de 1985 (ref. 13.28), que respondía a la acusación del senador William Proxmire de que «el Pentágono ha robado el invierno nuclear» (Susan Subak, «Los estrategas eluden el invierno nuclear», *Nuclear Times,* mayo-junio de 1986, 18-19).

Esa misma declaración del mes de marzo de 1985 del secretario Weinberger contiene también la siguiente y memorable frase: «Incluso una sola capa de la defensa [estratégica] puede proporcionar una mayor mitigación del efecto sobre las consecuencias atmosféricas [de una guerra nuclear] que lo que resultase de cualquier nivel de reducciones que fuese probable que aceptara la URSS en un breve plazo». Diez meses después, el secretario general Gorbachov pedía un proceso en tres etapas en la reducción de armamentos, que, de llevarse a la práctica, dejaría al mundo por completo sin armamento nuclear hacia el año 2000.

Alguno de aquellos que creen que no resulta plausible la extinción de la especie humana por el invierno nuclear, han efectuado, a su vez, sus propios escenarios de extinción. Por ejemplo, Lowell Wood, tras expresar la opinión de que, por lo menos, el 80% de la raza humana, lejos de la zona de objetivo de las latitudes medias del Hemisferio Norte, sobreviviría a una guerra nuclear, predijoque «la oleada de barbarie» que precipitaría la contienda «desencadenaría a continuación una guerra biológica, que exterminaría por todas partes la vida humana»...Y a continuación utilizó este cuadro vivo para mostrarse a favor de la guerra de las galaxias (Wood, «La cambiante relación entre Defensa y Ofensiva en la guerra nuclear estratégica», en *Seminario Internacional acerca de la guerra nuclear, tercera sesión, Bases técnicas para la paz* [Frascati, Italia: Servicio de documentaciones de los Laboratorios Nacionales de Frascati del INFN, 1984], 185-186, 298-299. Wood desempeñó un papel de primer orden en el

desafortunado proyecto SDI de la bomba de hidrógeno impulsada por rayos X y láser, y en el más actual de las «pildoras brillantes ».

13.25:

Dyson (ref. 2.8) ha expresado la preocupación de que tales futuros desarrollos tecnológicos podrían «eliminar el peligro del invierno nuclear sin hacer lo mismo con el peligro de una guerra nuclear», lo cual sería políticamente arriesgado para servir de base a las recomendaciones políticas acerca de únicamente el invierno nuclear. Sin embargo, como ya hemos discutido, el peligro del invierno nuclear se hace pequeño sólo cuando la configuración actual de los arsenales desciende por debajo de unos pocos centenares de armas; una masiva reducción de los arsenales, pues, es lo que se requiere antes de que se plantee esta contingencia. Asimismo, también incluso las explosiones nucleares subterráneas de bajo poder explosivo podrían —a través de la rotura de las conducciones de gas y de electricidad y por medio de las descargas de electricidad estática— originar unos extendidos incendios y tormentas de fuego, como ocurrió inmediatamente después del terremoto de San Francisco de 1906 (véase recuadro, capítulo II, y Theodore Postol, testimonio, Comité de Ciencia y Tecnología del Congreso, 12 de setiembre de 1984). Además, muchas (pero no todas) las implicaciones políticas del invierno nuclear siguen, aunque en una forma más débil, a los efectos instantáneos de la guerra nuclear. Esto constituye una medida de la robustez de esas implicaciones.

13.26:

Oficina General de Contabilidad de Estados Unidos, *Invierno nuclear: incertidumbres que rodean los efectos a largo plazo de la guerra nuclear,* GAO/NS/AD-86-62, marzo de 1986. Este informe se titulaba originariamente *Invierno nuclear: una teoría plausible con muchas incógnitas en la ciencia y en la política,* pero se cambió después de una carta, de 12 de febrero de 1986, con membrete de la Casa Blanca, escrita por John P. McTague, en aquel momento consejero científico del presidente Reagan. McTague dijo al GAO, que se supone que trabaja para la rama *legislativa* del gobierno de Estados Unidos: «Estoy muy poco seguro de que los resultados de un invierno nuclear sobre el clima fuesen los descritos en ese informe... Por consiguiente, recomiendo que rehagan el tenor del mencionado informe.»

13.27:

S. Shenfield, «Invierno nuclearyla URSS», *Millenium: Journal of International Studies 15* (2) 1986, 197-208.

13.28:

Las primitivas preocupaciones respecto de la respuesta soviética al invierno nuclear pueden encontrarse, por ejemplo, en los Memoranda de 7 de noviembre de 1983 y 19 de octubre de 1983 al Jefe de las Operaciones Navales (CNO) por parte del vicealmirante J. A. Lyons, Jr, vicedirector del CNO (Planes, Política y Operaciones), mandados gracias a la Ley de Libertad de Información, 14 de marzo de 1984. En el primero de esos dos memoranda, el almirante Lyons escribe:

> A largo plazo, los [resultados presentados unos cuantos días antes de la primera conferencia pública sobre invierno nuclear] merecen un serio estudio para comprobar si se precisan, de algún modo, cambios en la política de objetivos de los Estados Unidos. Sin embargo, a corto plazo las implicaciones de la conferencia son primariamente políticas. Anticipo que los soviéticos harán un uso extensivo de esos resultados, especialmente en Europa, para demostrar los peligros de la carrera de armamentos (para lo que ellos denominan el despliegue del PERSHING II/GLCM.

No obstante, otro funcionario de la misma oficina, el vicedirector del CNO para la Guerra Estratégica y Teatro de Operaciones Nuclear, declaró, en otro memorándum de noviembre de 1983: «Por desgracia, existe muy poca probabilidad de que un examen serio de las amplias implicaciones políticas [del invierno nuclear] llegue a ser realizado por alguien importante de la Oficina del secretario de Defensa o del Estado Mayor Conjunto.» *{Invierno nuclear y sus implicaciones. Sesiones ante el Comité de Servicios Armados,* Senado de Estados Unidos, 99 Congreso, primera sesión, 2 y 3 de octubre de 1983 [Washington. D. C: U. S. Government Printing Office, 1986], 127.)

El secretario de Defensa (Caspar Weinberger, «Los efectos potenciales de una guerra nuclear sobre el clima: Inforrne al Congreso de los Estados Unidos», marzo de 1985), aseguró que

los soviéticos «no muestran ninguna evidencia de considerar todo el asunto [del invierno nuclear] algo más que una oportunidad para hacer propaganda.» Véase también «Explotación soviética de la hipótesis del invierno nuclear», por Leon Gouré, preparado para la Agencia de Defensa Nuclear, por SAI, Inc. 5 de junio de 1985, y «Una puesta al día de la investigación soviética y explotación del invierno nuclear, 1984-1986», por Leon Gouré, preparado para la Agencia de Defensa Nuclear por SAI, Inc., 10 de octubre de 1987.

Un juicio diferente, por el sovietólogo Stephen Shenfield, concluye que el trabajo soviético acerca del invierno nuclear «es un producto auténtico, sustancioso y relativamente autónomo de la comunidad científica soviética. Esto convierte en probable que los descubrimientos de las investigaciones soviéticas tengan *algún* impacto sobre los que hacen la política (mientras que, al mismo tiempo, y como es natural, se emplean para la propaganda). Pero argumenta asimismo que, si existe «una tendencia en el pensamiento soviético hacia fortalecer la conciencia de las consecuencias catastróficas del invierno nuclear, y esta tendencia se encuentra lejos de haber llegado a su final, en ese caso el invierno nuclear puede constituir un asunto de importancia central» (ref. 13.27). Véase asimismo Lynch, ref. 2.6, quien, en 1987, llegó a la conclusión de que «los científicos soviéticos han encontrado que la hipótesis del invierno nuclear es de lo más interesante y... han conseguido convencer a los dirigentes soviéticos de que la amenaza del invierno nuclear es, por lo menos, tan grave como la planteada por los demás efectos de la guerra nuclear».

13.29

Observaciones por K. Ya. Kondratiev, ex rector de la Universidad de Leningrado, en la reunión plenaria de la Academia de Cencias Soviética, Moscú, 19 de octubre de 1988:

> Golitsin [se cree] que es uno de los autores del concepto de invierno nuclear. ¡Pero nada de eso! Los autores del concepto son extranjeros... En realidad, se trata de una etiqueta estadounidense, y lo mejor es no usarla en absoluto.. . Es la propaganda de los resultados norteamericanos. Garantizo que ello es así. Esto es asimismo otro problema ético.

Kondratiev hablaba en un inútil intento por impedirla elección de Georgui Golitsin, del Instituto de Física Atmosférica, al Presidium de la Academia.

13.30

Durante muchos años los estrategas soviéticos parecieron argumentar que las armas nucleares no cambiaban el famoso juicio de Clausewitz de que la guerra «es una continuación de la política por otros medios». Aunque diversas interpretaciones de antiguas doctrinas soviéticas son posibles (por ejemplo, Robert L. Arnett, «Actitudes soviéticas respecto de la guerra nuclear: ¿creen realmente que pueden ganar? », *Journal of Strategic Studies 2* [2], setiembre de 1979,172-191), la reacción estadounidense a dichos pronunciamientos soviéticos, no cabe duda que impulsaron la carrera armamentística. Richard Pipes, un consejero en asuntos soviéticos en la Casa Blanca, en el primer mandato de Reagan, escribió que los soviéticos creían «que la guerra termonuclear no es suicida, puede pelearse y ganarse, y así el recurrir a la guerra no debe descartarse... Mientras los rusos persistan en adherirse a la máxima de Clausewitz acerca de la función de la guerra, la disuasión mutua no existe en realidad» (Pipes, «¿por qué la Unión Soviética cree que puede pelear y ganar en una guerra nuclear?», *Commentary 64* [1], julio de 1977.) Desde entonces, Gorbachov ha rechazado de manera explícita «la máxima de Clausewitz» *(Pravda,* 17 de febrero de 1987), y este rechazo se halla ligado directamente a los analistas del Ministerio de Defensa soviético, respecto del invierno nuclear (Boris Kanerski y Piotr Shabardin, «La correlación de políticas, guerra y catástrofe nuclear», *International Affairs,* febrero de 1988,95-104). Se trata de otra demostración de que la perspectiva del invierno nuclear fortalece la disuasión.

En su discurso de noviembre de 1983 sobre control de armamentos al Soviet Supremo, Y. P. Velijov argumentó que los Estados Unidos no podía entregarse a un primer ataque nuclear militarmente significativo sobre la Unión Soviética, especialmente a causa de la perspectiva del invierno nuclear (informe en *Izvestia,* 28 de noviembre de 1985) (3). De esto se sigue que serían posibles mayores reducciones en los arsenales nucleares. En este período, se presentaron similares argumentaciones en muy distintos altos niveles del partido, del gobierno y de los establecimien-

tos militares (cf. también ref. 13.10), y fue aceptada por Mijaíl Gorbachov.

Tal vez la alegación de mayor alcance para el impacto político del invierno nuclear es el realizado por Tony Hart, copresidente de la Campaña de Desarme Mundial (Simposio Memorial Nehru: Hacia un Mundo libre de armas nucleares y no violento. Nueva Delhi, 14-16 de noviembre de 1988):

> Existe ciertamente un nuevo clima de pensamiento entre los altos escalones de las superpotencias. Resulta sorprendente creer que haya sido causado por la comprobación, durante el último año más o menos, de que las armas del terror nuclear en sus arsenales, no pueden emplearse sin causar enormes estragos sobre todo el planeta, que la sombría verdad del escenario del «invierno nuclear» ha penetrado al fin en las mentes de los planificadores de la guerra.
>
> ... Y no serían sólo las sociedades de los combatientes las que perecerían, sino toda la vida humana sobre el planeta. [Desde nuestro punto de vista, cf. capítulo V.] Esto se hizo aparente en los años de mediados de esta década. Las máquinas militares y sus políticos colaboradores, al parecer no se han enterado de los nuevos conocimientos o los han pasado por alto... El secretismo no es noticia.

Las primeras palabras del tratado INF (firmado el 8 de diciembre de 1987) son: «Los Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas..., conscientes de que la guerra nuclear tendría unas consecuencias devastadoras para toda la Humanidad...» (Documento del tratado 100-11, Senado [Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1988]), que se ha conjeturado (Alan Robock, *Technology Review,* setiembre de 1988) que se referían al invierno nuclear. Las palabras citadas se dice que indican «que la amenaza del invierno nuclear ha sido, por lo menos en parte, responsable de la mejora del clima de negociaciones entre las superpotencias, cuyo resultado ha sido este tratado y el progreso hacia... START» (Alan Robock, «Implicaciones políticas del invierno nuclear e ideas para soluciones», *Ambio 18* [7], 1989, 360-266).

13.31:

L. W. Alvarez, *Adventures of a Physicist* (Nueva York: Basic Books, 1987).

13.32:

Resulta claro que existen muchos otros factores, que incluyen la política y la economía domésticas de estadounidenses y soviéticos, lúcidas declaraciones de los físicos, a nivel mundial, acerca de los efectos instantáneos de la guerra nuclear, y razonadas exhortaciones de los obispos católicos romanos y metodistas.

13.33:

Samantha Smith, *Journey to the Soviet Union* (Boston: Little Brown, 1985), 1; E. Chivian, J. P. Robinson, J. Tudge, N. P. Popov y V. G. Andreienkov, «Precupación de los adolescentes estadounidenses y soviéticos acerca de la guerra nuclear y el futuro», *New England Journal of Medicine 319,* 1988, 407-413 (véase también J. E. Mack, «Adolescentes estadounidenses y soviéticos y guerra nuclear», *ibid.,* 437-438); «Elevadas Esperanzas en la Cumbre, bajas expectativas», *USA today,* 12 de noviembre de 1985; Kenneth Callison, Fundación para la Supervivencia Humana, Englewood, Col., comunicación privada, 4 de abril de 1988; W. Green, T. Cairns y J. Wright, *New Zealand After Nuclear War* (Wellington: Consejo de Planificación de Nueva Zelanda, Ministerio del Medio Ambiente, 1987), 165.

14.1:

La mayor parte del trigo estadounidense es trigo de invierno que se planta a principios de otoño, que permanece durmiente durante el invierno y que se cosecha en junio y julio. La sequía y el frío a finales del otoño y en el invierno puede destruir esta cosecha. (Por ejemplo, «La cosecha de trigo se enfrenta a la amenaza de la sequía», por William Robbins, *New York Times,* 27 de noviembre de 1989.) Así, las guerras en otoño y a principios *del* invierno pueden destruirlas más importantes cosechas de cereales-aunque los efectos crónicos sean de corta vida. (Cf. J. Levitt *Responses of Plants to Environmental Stresses* [Nueva York-Academic Press, 1980].)

14.2:

Sólo unas 1.000 ojivas nucleares estratégicas de las casi 25.000 desplegadas pueden destruir todas las ciudades importantes del Hemisferio Norte. (Una, en parte, mayor cantidad de armas tácticas desempeñarían el mismo papel.) Aunque las actuales tendencias están en contra de esto, si el tratado SALT II se derogara y se añadieran nuevos misiles a los índices planificados a mediados de los años 1980, podría tener lugar una sustancial *reconstrucción* durante los próximos diez o veinte años, incrementándose hasta un aumento de por lo menos el 50% en los arsenales estratégicos ref. 8.1 y se reforzaría la posibilidad de un invierno nuclear severo. También preocupan los ataques directos sobre las instalaciones de centrales nucleares militares y civiles (C. V. Chester y R. O. Chester, «Implicaciones de la Defensa civil de la industria estadounidense de centrales atómicas durante una gran guerra nuclear en el año 2000», *Nuclear Technology 31,* 1976, 326-338), que incrementaría la carga de radiactividad a largo plazo en unas diez veces más (refs. 3.11, 11.1). Los ataques sobre las centrales eléctricas térmicas, con almacenes de carbón cerca, extenderían los impactos medioambientales aún más. Los depósitos de petróleo, como ya se ha enfatizado, son en extremo vulnerables y en sumo grado peligrosos para el invierno nuclear (ref. 3.14 y figura 4).

14.3:

Éste es aproximadamente el caso que lleva a las apocalípticas conclusiones de ref. 5.13.

14.4:

Nuestras clases II, III y IV corresponden, aproximadamente, a los casos 1-3, respectivamente de la conferencia SCOPE de Bangkok, que abarca un intervalo de valores de T_a desde 0,3 a 3. Cf. Warner y otros, *Environment 29,* 1987, 4.

15.1:

Un punto de vista no atípico del Tercer Mundo es que «la amenaza de la guerra nuclear es ante todo, y principalmente, un juego de chantaje político... La amenaza nuclear se dirige a escalar hasta el máximo las sanciones de las superpotencias contra los intentos de interferir con su reordenamiento del globo.» (P. T. K. Lin, en S. Mendlovitz, ed., *On the creation of a just*

world order [Nueva York: Macmillan, 1975], 285.) Un volumen entero dedicado a la mitad estadounidense de esta tesis es el de Joseph Gerson, ed., *The Deadly Connection: Nuclear War and U. S. Intervention* (Filadelfia: New Society Publishers, 1986). En su ensayo «Más allá de la fachada: guerra nuclear e intervención en el Tercer Mundo», Randall Forsberg concluye:

> Supongamos que, a cada nivel de la guerra nuclear... los Estados Unidos posee la capacidad de anular la capacidad nuclear soviética, pero que la Unión Soviética podría, por lo menos, destruir una parte de nuestra capacidad. En ese caso..., tendríamos un monopolio sobre la intervención. Estados Unidos podría intervenir dondequiera que desease hacerlo, pero la Unión Soviética quedaría disuadida de intervenir, a causa del riesgo de que nos atreviésemos a desafiar la intervención soviética. La Unión Soviética sabría que, a cada nivel de la escalada de la guerra, nosotros poseeríamos una ventaja significativa y obvia... Esto es lo que impulsa la carrera armamentística nuclear. No tiene nada que ver con la defensa, tiene muy poco que ver con la disuasión, excepto en el sentido de disuadir sus intervenciones mientras que sí permitiría las nuestras. No se trata... de una interpretación extremada. Lo puede leer por sí mismo si lee el Informe Anual de la Secretaría de Defensa [*ibíd.,* 34-35].

Considérese parte de este argumento, cómo el invierno nuclear afecta lo de «cualquier nivel de escalada».

15.2:

A pesar del hecho de que las líneas maestras de la actual política estadounidense sobre el control de la escalada desalienta el empleo de armas estratégicas con base en suelo estadounidense para un teatro bélico, por ejemplo, en Europa. Técnicamente, no existe la menor dificultad en una disuasión así. Su principal dificultad consiste en que su credibilidad resulta baja. La mayor parte de los europeos occidentales se han visto incapaces de poder creer que los Estados Unidos invitan a la represalia en su territorio nacional para impedir un ataque convencional soviético sobre la Europa occidental.

15.3:

Cf. A. Wohlstetter, «Entre un mundo esclavo y ninguno: aumentan nuestras elecciones», *Foreign Affairs 63* (5), verano de 1985, 962-994.

15.4:

Noel Gayler, comunicación privada, 1989.

15.5:

Por ejemplo, consideremos el efecto del invierno nuclear sobre la siguiente objeción a los recortes profundos en los arsenales: «La disuasión es un fenómeno psicológico que se ve reforzado por grandes *stocks.* Unas profundas reducciones se percibirían como algo que eliminaría las armas del primer ataque, pero también eliminaría las armas del segundo ataque que acrecienta la estabilidad» (M. D. Intrilligator ref. 9.8).

15.6:

Bernard Brodie, «Implicaciones para la política militar», en Bernard Brodie, ed., *The Absolute Weapon: Atomic Power and World Order* (Nueva York: Harcourt Brace, 1946), 74.

15.7:

Resulta evidente que los alineamientos políticos y militares en el mundo desarrollado, y entre los estados vecinos constituyen una preocupación crítica para las superpotencias, dados los enormes recursos que cada una dedica anualmente a influir en estos alineamientos.

15.8:

De haber poseído Hitler armas nucleares y sus sistemas de lanzamiento, durante los dos últimos años de la Segunda Guerra Mundial, parece probable que las hubiera empleado, aunque una masiva represalia nuclear sobre Alemania hubiese sido una consecuencia garantizada. (Carl Sagan, «La solución final del Problema humano: Adolfo Hitler y la guerra nuclear», discurso a la Asamblea del 50 Aniversario, Congreso Judío Mundial, Jerusalén, 29 de enero de ^Só.Reproducido en Ha'aretz [Tel Aviv], 68, 7 de febrero de 1986, 16.)

16.1:

Las citas de este capítulo de Hermann Kahn aparecen en las páginas 7, 145-150, 297 y 524 de *On Termonuclear War,* segunda edición (Westport, Conn.: Greenwood Press, 1961).

16.2:

C. von Clausewitz, *Acerca de la guerra,* edición en inglés, Anatol Rapoport, ed. (Harmondsworth: Pelican 1968), 102.

16.3:

Herman Kahn, *Thinking about the Unthinkable in the 1980's* (Nueva York: Simon and Schuster, 1984).

17.1:

Incluso por parte de los líderes nacionales. Por ejemplo, el entonces secretario general Gorbachov describió la exigencia de paridad en la sobrematanza, como «una locura y un absurdo». (Informe político del Comité Central del PCUS al 27.° Congreso del Partido Comunista de la Unión Soviética», *Izvestia,* 26 de febrero de 1986, 2. Este discurso y otros, que iluminan la evolución del pensamiento de Gorbachov en 1987, se hallan recogidos en Mijaíl Gorbachov, *Pour un monde sans armes nucléaires* [Moscú: Novosti, 1987].) La superabundancia de armas nucleares por ambas partes ha llevado a investigar nuevos empleos, incluyendo doctrinas de contra fuerza y de técnicas de la guerra, y la proliferación horizontal, la extensión de las armas nucleares a otras naciones.

Es también posible que existan otras consecuencias adversas, aún no descubiertas, de la guerra nuclear además del invierno nuclear. Sean las que fueren, cuantas menos armas nucleares haya en el mundo, menos probable resulta que esos efectos desconocidos se desencadenen.

17.3:

«Si las armas estratégicas son efectivamente invulnerables... la estrategia de una elección de objetivos flexibles puede combinarse con facilidad con una postura de disuasión mínima. La disuasión mutua estable a través de la amenaza de destruir ciudades sería posible si cada lado tuviese un relativamente

pequeño número de ojivas nucleares en submarinos y misiles móviles con una sola ojiva nuclear. Bajo esas condiciones, habría pequeños incentivos para ser los primeros, dado que el otro bando podría devastar, en respuesta, la mayoría de las ciudades de la otra parte. Pero si hubiese un auténtico ataque, la parte atacada tendría aún la opción moralmente preferible de disparar sus armas nucleares sólo sobre objetivos militares a alguna distancia de las ciudades.» (G. S.Kavka, *Moral Paradoxes ofNuclear Deterrence* [Cambridge: Cambridge University Press, 1987], 11.)

17.4:

S. E. Ambrose, *Eisenhower: The president*, vol. 2 (Nueva York: Simon and Schuster, 1983-1984), 553.

17.5:

Las deficiencias técnicas, estratégicas y políticas del SDI se discuten, por ejemplo, en Richard Garwin y otros, *The Fallacy of Star Wars* (Nueva York: Vintage, 1984); Hans Bethe y otros, «Defensa con misiles balísticos con base en el espacio», *Scientific American* 251, octubre de 1984, 39-49; Ashton Carter, *Ballistic Missile Defense* (Washington, D. C: Oficina de Asesoría tecnológica, 1984); Carl Sagan, «El caso contra la iniciativa de defensa estratégica (SDI)», *Discover 6* (9), setiembre de 1985, 66-74; «Informe a la Sociedad Física estadounidense del Grupo de Estudios sobre Ciencia y Tecnología de armas de energía dirigida», *Reviews of Modem Physics 59,* julio de 1987, S1-S202; JohnTirman, ed., *Empty Promise: The growing case against Star Wars* (Boston: BeaconPress, 1986); *SDI: Technology, Survivability and Software* (Washington, D. C: Oficina de Asesoría tecnológica, 1988); S. Lakoff y H. F. York, *A shield in Space?* (Berkeley: U. California Press, 1989); Crickett L. Grabe, *Space Weapons and the Strategic Defense Initiative* (Iowa City: Iowa State U. Press, 1990).

De las diversas conexiones directas entre la SDI y el invierno nuclear, tal vez las más agudas se relacionan con la permeabilidad. Si, más o menos, unas 100 explosiones nucleares sobre las üudades y las instalaciones petrolíferas resultan suficientes para generar un invierno nuclear, y si cada parte tiene 5.000-10.000 ojivas nucleares estratégicas desplegadas, en ese caso impedir la fiabilidad del invierno nuclear requeriría una SDI, que fuera impermeable en un 98-99%. (No todas las ojivas nucleares se espera que tengan como objetivo las ciudades, ciertamente, pero

—para derrotar una SDI desplegada y disuadir así de la guerra nuclear—, se necesitaría una fracción importante de las mismas Incluso los más entusiastas abogados de la guerra de las galaxias (técnicamente competentes), nunca han sugerido más de un 50% de impermeabilidad, y muchos críticos creen que las cifras más probables para un sistema importante SDI, dentro de una o dos décadas, tras los gastos de todo un tesoro nacional, estarían, si todo va bien, en un abanico del 10 al 20%. Ésta es la razón de que no estemos de acuerdo con la posibilidad suscitada por Colin Gray y algunos otros respecto de que «las defensas estratégicas nucleares resultarían el factor decisivo respecto de si se desencadenan o no los efectos del "invierno nuclear"» (Gray, «Defensa estratégica y paz», en *Nuclear Deterrence: Ethics and Strategy,* R. Hardin, J. Mearsheimer, G. Dworkin y R. Goodin, eds. [Chicago: University of Chicago Press, 1985], 297;ref. 13.24). En el mundo real, todos los sistemas SDI previsibles están demasiado lejos de ser porosos para monopolizar un invierno nuclear en una guerra importante. Por lo tanto el tratado START, que destruiría del 30 al 50% de las ojivas nucleares estratégicas, sería mucho más efectivo desde una perspectiva estrictamente militar y estrictamente de una mentalidad estadounidense que una SDI norteamericana; en comparación con la SDI, difícilmente podría inducir a un ataque en primer lugar (ref. 19.7), y en comparación con la SDI, apenas costaría nada.

17.6:

«Documentos de la Conferencia de Estocolmo sobre medidas para instaurar la confianza y la seguridad y el Desarme en Europa...», 19 de setiembre de 1986, Apéndice E, en Wirth (ref. 19.18).

17.7:

Leo Szilard: His version of the facts (Special recollections ana correspondence, editado por Spencer R. Weart y Gertrud Weiss Szilard (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1978), 198.

17.8:

Bernard Brodie, «La guerra en la era nuclear», en Bernar Brodie, ed., *The Absolute weapon: Atomic power and World Order* (Nueva York: Harcourt Brace, 1946), 46, 48.

17.9:

«El simplemente tener más bombas que los demás países no es decisivo si otro país posee suficientes bombas para demoler nuestras ciudades y almacenes de armas. Declaración emitida el 14 de octubre de 1945, por Robert R. Wilson, «para la Asociación Científica de Los Álamos, una organización de más de 400 científicos que trabajan en la bomba atómica».

17.10:

Henry A. Wallace, «Política estadounidense respecto de Rusia», *New York Times,* 18 de setiembre de 1946.

17.11

George F. Kennan a Dean Acheson, «Control Internacional de la Energía Atómica», Alto secreto, 20 de enero de 1950. *Foreign Relations of the United States: 1950,*1,28-300. Reproducido en T. H. Etzold y J. L. Gaddis, eds., *Containment: Documents on American Policy and Strategy, 1945-1950* (Nueva York: Columbia University Press, 1978).

17.12:

Citado en Nick Kotz, *Wild Blue Yonder: Money, Politics, and the B-1 Bomber* (Nueva York: Pantheon, 1988), 43.

17.13:

Andréi Gromyko, entrevista: *Ogonyok,* 30 de julio de 1989, 7, Citado en ref. 21.7.

17.14:

Alexander Yanov, «Una evitable carrera de 20 años»,*New York Times,* 10 de octubre de 1984.

17.15:

David Halberstam, *The best and the brightest* (Nueva York: Random House, 1972), 72.

17.16:

Una excepción notable: Harold C. Urey de la Universidad de Chicago: «Urgida la prohibición de la bomba atómica por el Dr. Urey», *New York Times,* 22 de octubre de 1945, 4.

17.17:

Cf. la cautelosa estimación de John D. Steinbrunner (en ref 9.7): «Entre 500 y 2.000 ojivas nucleares lanzadas en represalia cubren cualquier cosa que quepa considerar un requisito razonable de disuasión bajo cualquiera de las opiniones prevalecientes acerca de este requisito.» Obsérvese que los arsenales deben ser mayores que el número de armas lanzadas. Esta estimación no permite el invierno nuclear, lo cual reducirá el número de ojivas nucleares «requeridas».

17.18:

Un centenar de cabezas nucleares de elevada potencia explosiva, cada una a bordo de un misil separado, constituyó la disuasión suficiente mínima imaginada por Leo Szilard en 1961. (Szilard, «El acuerdo de desarme de 1988», en *The Voice of the Dolphin* [Nueva York: Simon and Schuster, 1961], 65.)

17.19

Nick Kotz, *Wild Blue Yonder* (Nueva York: Pantheon, 1988), un relato instructivo de la historia del bombardero B-l, que merece una amplia atención.

El papel estratégico del B-2 descrito de manera autorizada por el jefe de Estado Mayor de la Fuerza Aérea, general Larry Welch, ante el Comité de Fuerzas Armadas del Senado, en la semana del 16 de julio de 1989, hace las veces de «blanco cruzado» y «desviador» de misiles móviles. (Cf. Robert R-Ropelewski, «La Fuerza Aérea de Estados Unidos se echa hacia atrás en la reubicación de misiones de objetivos del B-2». *Armed Forces Journal International,* julio de 1989, 14.) Lo de «blanco
cruzado» significa alcanzar blancos que hayan fallado los ICBM, SLBM y misiles de crucero. En respuesta a la pregunta de « ¿Resultaría una declaración justa decir... que, para el momento en que empiece a usarse el B-2, si debe llegar a usarse, sería tras un virtual aniquilamiento nuclear de ambos países?», la respuesta del general Welch fue: «Creo que sí.» (Informe de Ronald V. Dellmus, «Un servicio en búsqueda de un bombardero», Was' *hington Post,* 26 de julio de 1989, 25.)

Pero, en un régimen de suficiencia estratégica, existen suficientes ojivas nucleares para una extensa y suficiente elección de blancos de contra fuerza por una y otra parte, y ambos lados desean que los misiles móviles de una sola ojiva nuclear sean

invulnerables. Éste no parece ser el papel del B-2, o su colega soviético, en un régimen MSD. Más allá de esto, si en una guerra nuclear los soviéticos estuviesen ahorrando sus misiles móviles por ejemplo, como una fuerza de reserva para amenazar las ciudades estadounidenses—, pero descubrieran (o creyeran que esto era probable) que los B-2, a su extremadamente lentas velocidades, hubieran cruzado el espacio aéreo soviético en busca de misiles móviles, ¿no proporcionaría esto, simplemente, una inducción a los soviéticos a quebrantar lo tratado?

17.20:

G. Dyer, *Guerra* (Nueva York: Crown, 1985), 214.

17.21:

La frase es de W. F. Hanrieder, en ref. 9.8, pág. 56.

17.22:

F. C. Iklé, A. Wohlstetter, A. Armstrong, Z. Brzezinski, W. Clark, W. Clayton, A. Goodpaster, J. Holloway, S. Huntington, H. Kissinger, J. Lederberg, B. Schriever y J. Vessey, *Discriminate Deterrence* (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office, 1988).

17.23:

Declaración final, Conferencia en la cumbre de la OTAN, Londres, 7 de julio de 1990, New *York Times,* 7 de julio de 1990, 5.

17.24:

Esta posibilidad imperó en las mentes de los oficiales soviéticos, en enero de 1990, durante la violencia armada entre los azerbaijanos, armenios y las tropas soviéticas, en la cual los blindados, el personal de los transportes blindados y los helicópteros estaban dirigidos por fuerzas disidentes. Véase también Harlan W. Jencks, «A medida que el Imperio se hunde, ¿habrá una guerra civil nuclear?», *New York Times,* 14 de abril de 1990.

17.25:

En junio de 1990, en la cumbre de Washington, los presidentes Bush y Gorbachov se mostraron de acuerdo en «las provisiones básicas del tratado de armas ofensivas estratégicas», y el secretario de Estado de Estados Unidos, James A. Baker anunció que

«casi todos» los temas más importantes se habían resuelto. Pero resulta claro que, incluso en unas reducciones tan modestas, los progresos fueron lentos. Cf. Michael R. Gordon, «Conversaciones que no acaban de poner fin a las disputas sobre las armas de largo alcance», *New York Times,* 2 de junio de 1990, 4.

17.26:

Una apreciable estimación es que START acarrearía la reducción de los arsenales estratégicos estadounidenses, más o menos, de 13.000 a unas 10.000 armas, y el arsenal estratégico soviético desde, aproximadamente, 11.000 a unas 9.000. (Desmond Ball, «El futuro del equilibrio estratégico», en Desmond Ball y Cathy Downes, eds., *Security and Defense: Pacific and Globall Perspective* [Sydney, Alien y Unwin, 1990], capítulo 4). Esto corresponde, aproximadamente, a un recorte del 20% para cada nación, menos que la ampliamente proclamada del 30 al 50%. Si, además, existen, por ejemplo, 32.000 ojivas nucleares tácticas por ambas partes, START corresponde a una reducción en los arsenales nucleares totales de las superpotencias de menos del 10%.

18.1:

Ted Greenwood, *Making the MIRV: A Study of Defense Decision Making* (Cambridge, Mass., Ballinger/J. B. Lippincott, 1975), 66.

18.2:

Sagdeiev, Kokoshin y sus colegas (ref. 8.21) argumentan que un arsenal con sólo 10 a 100 armas nucleares proporcionaría una disuasión inadecuada, porque esto originaría un nivel de devastación «psicológicamente comparable» simplemente con lo que funcionó con los bombarderos convencionales en la Segunda Guerra Mundial (la muerte de unos cuantos millones de personas). Por otra parte, los proponentes de la disuasión existencial podrían discutir que una invulnerable capacidad de represalia de sólo unas cuantas ojivas nucleares es ya suficiente (ref. 9.14, recuadro, capítulo XVII).

18.3:

Alguno de estos factores se han examinado extensamente en ref. 18.1.

18.4:

Las virtudes de la disminución MIRV no parecen del todo apreciadas en el Reino Unido, donde la transición (desde los submarinos Polaris de una sola ojiva nuclear a los misiles Tritón con misiles de múltiples cabezas nucleares), se está moviendo poco a poco hacia el MIRV. El Reino Unido está optando por el riesgo de disminuir la estabilidad de la crisis a fin de ser capaces de destruir más objetivos. Algo similar está sucediendo en China, donde el misil balístico de alcance intermedio, el CSS-2, dentro de poco será convertido en no MIRV, permitiendo una mayor escalada en los arsenales nucleares operativos sin ningún cambio en el tamaño de la fuerza de los misiles (Dingli Shen, «El actual estatus de las fuerzas nucleares chinas y la política nuclear», Universidad de Princeton, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, informe 247, 1990). Pero el Reino Unido y China están siguiendo, con una o dos décadas de retraso, el ejemplo conjunto de Estados Unidos y de la URSS.

18.5:

Glenn Kent, Randall De Valk y David Thaler, «Un cálculo de la estabilidad del primer ataque (Un criterio para evaluar las fuerzas estratégicas)», Rand Corporation, nota N-2526-AF, junio, 1988; Glen A. Kent y David E. Thaler, *First-Strike Stability,* informe R-3765-AF, Proyecto Fuerza Aérea (Santa Mónica, Cal.: The Rand Corporation, agosto de 1989). Pero véase ref. 18.8 y Von Hippel y Sagdeiev, ref. 19.20.

18.6:

Incluimos esta opción para completar el tema, aunque su costo seríaprohibitivoy su forma autónoma y troglodita muy preocupante:

> Los ICBM deberían enterrarse tanto en el subsuelo que no resultase posible a los misiles soviéticos el destruirlos. Saldrían a la superficie algún tiempo después de un ataque, pesar del estado ya tan destrozado de los combatientes, pra continuar el conflicto. Un sistema basado en un enterramiento a gran profundidad sería probable que consiguiese su objetivo primario —la invulnerabilidad—, pero si sería efectivo o soportable constituye otro asunto.
> [Steve J. Marcus, «Las máquinas del Juicio final reconsideradas», *Technology Review 86* (6), agosto-setiem-

bre de l982, 81.]398

18.7:

Semejante disuasión minisubmarina —llamada «Móvil ligeramente bajo el mar», o «SUM»— fue propuesto en primer lugar por Richard Garwin y Sidney Derell (véase James Fallows *National Defense* [Nueva York: Vintage Books, 1981], capítulo VI).

Según los precedentes sentados en los años Reagan, la Administración Bush ha querido, hasta con ansia, considerar tratados que prohiban los ICBM tipo MIRV con base en tierra —donde la Unión Soviética tiene ventaja—, pero ha permanecido fieramente opuesta a los tratados que prohibirían (o por lo menos equilibrarían) los SLBM tipo MIRV con base en submarinos, en los que la ventaja está de parte de Estados Unidos. (Cf. Michael Gordon, «los soviéticos rechazados por Cheney respecto del Plan de reducción de Armas marinas», *New York Times,* 16 de abril de 1990, Al, A8.)

18.8:

H. A. Feiveson, R. H. Ullman y F. von Hippel, «Hay que reducir los arsenales nucleares estadounidenses y soviéticos», *Bulletin of the Atomic Scientists,* agosto de 1985, 144-150. También H. Feiveson y F. von Hippel, *Stability and Verifiability of the, Nuclear Balance after deep reductions* (Universidad de Princeton, Centro para la Energía y Estudios medioambientales: informe 234, marzo de 1989), 30 págs. La idea, sugerida por los analistas soviéticos, de rellenar sólo unos cuantos de los tubos de los submarinos con misiles y verificar que los tubos restantes estén vacíos, a través de inspección por satélite poco antes de que el submarino salga de puerto, es sólo seguro siempre y cuando los tubos no puedan llenarse con misiles en alta mar, o en refugios submarinos clandestinos.

18.9:

Por ejemplo, Richard Garwin, «Un proyecto para unos recortes radicales de armas», *Bulletin of the Atomic Scientists,* marzo de 1988, 10-13; «Profundos recortes en armas nucleares estrategicas: ¿Es ello posible? ¿Es deseable?», XXXVIII Conferencia Pugwash de Ciencias y Asuntos mundiales, Dagomys, URSS, 29, de agosto de 1988. Garwin observa (comunicación privada; 1989): «No creo que exista necesidad de conservar los bombaderos

pero *permito* que se conserven, para el caso de que alguien tenga una inquebrantable afección a los mismos.»

18.10:

El pionero en armas nucleares (y director de División del Proyecto Manhattan), Hans Bethe, abogó por una MSD en el rango de 200 a 1.000 ojivas nucleares (discurso, Universidad Cornell, 4 de marzo de 1989).

18.11:

Soviet Military Power, sexta edición, Departamento de Defensa de Estados Unidos, abril de 1987. La Fuerza Aérea estadounidense ha propuesto eliminar todos los Minuteman II como una forma de ahorrar dinero (R. Jeffrey Smith y Molly Moore, «Estados Unidos puede eliminar los misiles Minuteman», *International Herald Tribune,* 15 de enero de 1990).

18.12:

Otra dificultad de encajar de nuevo los sistemas estratégicos de ojivas nucleares múltiples es (ref. 18.9) que «cada lado se sentiría mucho más seguro si el otro hubiera reducido los vehículos de lanzamiento a una sola cabeza nuclear, de forma que así se requeriría mucho más tiempo y unos esfuerzos más costosos en caso de reconstruir la fuerza». Similares preocupaciones han sido expresadas por el ex consejero de Seguridad Nacional, Robert C. McFarlane («Política estratégica efectiva», *Foreign Affairs 67* [1], otoño de 1988, 33-48). Sin embargo, Garwin ha sugerido que «la eliminación de todo excepto una ojiva nuclear de cada ICBM o SLBM, y todo excepto una bomba o misil de crucero lanzado desde el aire de cada avión reduciría el número de ojivas nucleares estratégicas o lanzadores, a unos 2000 por cada parte, y esto cabría lograrlo en dos años». (Richard Garwin, «Defensa espacial: el sueño imposible», *Commonwealth 80,* 1986, 291-293.)

El reducir el número de misiles de los misiles balísticos estadounidenses en submarinos, o reducir el númeo de ojivas nucleares por misil (menos MIRV), se encuentra entre las opciones consideradas frente a las reducciones de los desencadenantes de plutonio, a causa de sus serios problemas de seguridad en la fábrica de armas de Rocky Flats, Colorado (Michael R. Gordon, Panel recomienda retrasar la puesta en servicio de la fábrica de

armas», *New York Times*, 6 de junio de 1990, A18.)

18.13

El argumento con un poco más de detalle: los bombarderos estratégicos tienen una particular relevancia en el asunto del invierno nuclear. En un tiempo de crisis pueden dispersarse ampliamente entre los aeródromos civiles con pistas de despegue largas, como ocurrió en Estados Unidos durante la crisis cubana de los misiles. Pero dicha dispersión, o su simple perspectiva, proporciona incentivos para los ataques de «contra fuerza» sobre los mencionados aeropuertos, que sucede que se hallan localizados, preferentemente, cerca de las ciudades. En la extensión en que los bombarderos estratégicos incrementan el incentivo para tomar como blancos las ciudades y, por lo tanto, tienden a llevar a cabo una contribución desproporcionada al invierno nuclear, resultan indeseables en comparación con otros sistemas de armas. Aunque es cierto que existen numerosos aeropuertos secundarios y probablemente exceden al número de armas nucleares en un régimen MSD, también resulta cierto que la dispersión de los bombarderos en aeropuertos secundarios próximos a las ciudades puede detectarse a través de satélites de reconocimiento y por otros medios, y por ende invitan al ataque de las mencionadas ciudades.

18.14:

Desde entonces, el precio del Exocet se cuadruplicó en seguida, de 50.000 a 200.000 dólares (John Stoessinger, «La dimensión internacional», *Security Management,* noviembre de 1984, 67). Incluso naciones con marinas muy modestas anhelaron comprar misiles de crucero. El hundimiento del *Sheffield creó* un gran mercado de ventas. Lo que perdió el Reino Unido lo ganó Francia.

18.15:

George N. Lewis, Sally K. Ride y JohnTownsend, «Despejando los mitos acerca de la verificación de misiles de crucero lanzados desde el mar». *Science 246,* 1989,765-770; *ídem,* «Una propuesta de prohibición de SLCM nucleares de todos los alcances», Centro de Seguridad Internacional y Control de Armamento, informe especial, Universidad de Stanford, 1989. Véase asimismo Valerie Thomas, «Falsos obstáculos al control de armamento», *New York. Times,* 13 de julio de 1989; Steven Fetter y Frank von Hippel

«Mediciones de radiación de una ojiva nuclear soviética », *Physics Today,* noviembre de 1989,45; Von Hippely Sagdeiev, ref. 19.20.

18.16:

En esta discusión queda sin resolver hasta qué grado una fuerza de bombarderos se percibe como requerida para una «proyección de fuerza» con armas convencionales en el mundo desarrollado, como en Vietnam, Libia, Afganistán, Chad, Iraq y las Malvinas/Falklands (para tomar, respectivamente, algunos ejemplos de la historia reciente de Estados Unidos, URSS, Francia, Israel y el Reino Unido). Los bombarderos estratégicos son, naturalmente, de una capacidad dual, y pueden adecuarse con rapidez tanto con armas nucleares como convencionales. El empleo estadounidense de la base de Okinawa de B-52, su primer bombardero estratégico, en Vietnam constituye el ejemplo más diáfano. (Se juzgó necesario lanzar 8 megatones de explosivos *convencionales* sobre el Sudeste asiático, y no hubo en ningún sitio otro sistema de lanzamiento, ni de cerca, tan apropiado.)

Pero los bombarderos de corto alcance o cazabombarderos podrían ejercer funciones de coerción o de represalia, mientras plantean estratégicamente una amenaza menor en la confrontación Estados Unidos/URSS, aunque no puede extraerse semejante distinción respecto de unos rivales más ampliamente separados: por ejemplo, en Oriente Medio. Además, el reabastecimiento aéreo puede convertir a un bombardero convencional de alcance medio en un bombardero estratégico de largo alcance. Asimismo, los portaaaviones pueden entenderse, sobre todo, como «proyección de fuerza», pero emplearse asimismo, cerca de las costas del adversario, con propósitos estratégicos; y son cada vez más vulnerables a los cada vez más atendidos misiles de crucero, o de otras clases, armados con-vencionalmente. Tal vez haya llegado el momento de valorar de nuevo la «proyección de fuerza».

18.17:

Cualquier acuerdo posible, tanto nuclear como nuclear/ convencional, puede desde ahora verse atacado por tecnologías futuras, especialmente las armas convencionales especialmente de largo alcance y de gran exactitud. Esto implica la necesidad de algo parecido al actual Tratado ABM para que emerjan las tecnologías convencionales o cuasiconvencionales, pero con el

añadido de provisiones de inspección. Para una valoración de finales de la era Reagan de la intersección del invierno nuclear SDI, y las ensalzadas capacidades de las armas convencionales véase Peter de Leon, *The altered Strategic Environment* (Lexington MAS: Heath, 1987).

19.1:

Panel de Política de Defensa, Comité de Servicios Armados Congreso de Representantes de Estados Unidos, *Breakout Verification and Force Structure: dealing with the Full Implications of START* (Washington, D. C: U. S. Government Printing Office 1988).

19.2:

Una razón adicional de que el desarrollo de las armas antisatélites (ASAT) resulta contraproducente para Estados Unidos lo constituye el hecho que ya se ha producido durante mucho tiempo de que una mayor fracción del tráfico de comunicaciones militares estadounidenses respecto del tráfico soviético, es guiado por satélite. Esto es un asunto parecido a si los que habitasen en casas de cristal se dedicasen a tirar piedras. (El anterior argumento se está viendo ahora desafiado: «Los juegos de la guerra implican aplicar los ASAT contra los soviéticos», por Vincent Kiernan, *Space news*, 26 de marzo-1 de abril de 1990, 24).

Por otra parte, los satélites soviéticos que detectan el lanzamiento de misiles balísticos —proporcionando de ese modo una pronta advertencia de una guerra nuclear—, pasan un tiempo en cada órbita a bajas latitudes, donde son vulnerables al ASAT estadounidense; sus colegas norteamericanos, en órbita geosincrónica, están muy por delante de la actual tecnología ASAT soviética. ¿Por qué deben buscar los Estados Unidos la habilidad para cegar los ojos de *los* soviéticos ante el lanzamiento de un primer ataque por parte de los estadounidenses? Se trata de una pregunta interesante y que tiene mucho valor a través de las respuestas posibles. ¿Y cuál es probable que sea la respuesta de los soviéticos ante semejante cegamiento? También vale pena el pensar al respecto. En los últimos años, el Departamen de Defensa se ha mostrado muy anheloso de probar las capacidades del ASAT estadounidense, pero el Congreso ha prohibido dichas pruebas mientras la moratoria voluntaria soviética de sus propios ASAT continúe en vigor.

193:

Theodore B. Taylor, «Eliminación comprobada de las cabezas nucleares», *Science and Global Security 1* (1-2), 1989,1-26. El autor ha sido durante mucho tiempo diseñador de las ojivas nucleares estadounidenses. Véase también Robert L. Park y Peter D, Zimmerman, «Megaderroche: tirar a la basura las armas nucleares», *Washington Post,* 5 de junio de 1988; Von Hippel y Sagdeiev, ref. 19.20.

19.4:

Noel Gayler, «Cómo romper la inercia de la carrera de armamentos nucleares», *New York Times Magazine,* 25 de abril de 1982.

19.5:

Véase, por ejemplo, Frank von Hippel y Barbara Levi, «Controlando las armas nucleares en la fuente: verificación de la reducción de la producción de plutonio y uranio altamente enriquecido para armas nucleares», en K. Tsipis, D. A. Hafmeister y P. Janeway, eds., *Verification of Arms control: The Technologies that make it possible* (Londres: Pergamon-Brasseys, 1986), 338-388; F. von Hippel, Declaración preparada para su presentación, sesiones, Comité de Servicios Armados, Congreso de Representantes de los Estados Unidos, 6 de junio de 1989.

19.6

Cf. Michael R. Gordon, «Conviniendo en cómo espiarse uno a otro», *New York Times,* 28 de junio de 1987.

He aquí un relato por parte del Panel de Política de Defensa del Comité de los Servicios Armados del Congreso:

> La respuesta que se da a menudo para el oculto problema de los misiles radica en una inspección en cualquier tiempo, en cualquier lugar, con breve plazo de aviso, sin posibilidad de negativa e *in situ.* El régimen de comprobación INF fracasa a menudo a causa de sus limitadas inspecciones Para declarar los lugares y al no proporcionar inspecciones con un aviso con escasa antelación de los lugares sospechosos. Esto último fue la posición originaria de Estados Unidos, pero, poco después de ser aceptada en principio por

> los soviéticos, los Estados Unidos se echaron atrás, en gran parte para proteger la seguridad de las instalaciones estadounidenses... [En futuros tratados] es improbable que ambas partes acepten cualquier cosa cercana a no tener derecho a la negativa, que llevaría a cada uno a exponerse a « expediciones de encontrar cosas por sorpresa », dirigidas a recoger informaciones secretas. Los Estados Unidos se hallan asimismo coartados por prohibiciones referentes a la información privada de los fabricantes particulares y por la Cuarta Enmienda [«búsqueda y apropiación irrazonables»], que es un derecho que poseen los ciudadanos.

Se invita al lector a que sopese a esta luz los beneficios y la fiabilidad de una inspección intrusiva. Observamos que las protecciones de la Cuarta Enmienda no parecen tener mucha fuerza al respecto: por ejemplo, en los asuntos de drogas; los análisis de orina obligatorios y al azar, el registro sin mandamiento judicial de coches en busca de contrabando, etc., todo lo cual se ha convertido en aspectos de la vida de cada día en Estados Unidos, Las posibles ramificaciones de la Cuarta Enmienda de una inspección intrusa parecen bastante tenues; ¿resulta probable que muchos estadounidenses almacenen armas nucleares o misiles en sus hogares, o que conviertan sus garajes en fábricas clandestinas? No parece que el objetivo sean, en realidad, los hogares.

19.7:

Con algo parecido a los arsenales actuales, la SDI resulta estabilizador. Una SDI estadounidense, por ejemplo, aunque por completo inefectiva contra un masivo primer ataque soviético, se halla bien adaptada para eliminar la fuerza residual de represalias estadounidense después de un masivo primer ataque por parte de Estados Unidos (y viceversa). Por lo tanto, puede comprenderse como un posible medio para eliminar la fuerza de disuasión soviética. Comprensiblemente, una perspectiva de esta clase pondría nerviosos a los que hacen la política soviética. Así, el despliegue SDI constituye una inducción a realizar un primer ataque por parte de los soviéticos. Es mejor destruir todo lo que podamos de las fuerzas estadounidenses mientras aún tengamos una posibilidad, sería su razonamiento, que vernos por completo a su merced una vez su protección se ponga en marcha. La réplica

a esta argumentación es que cualquier «protección» sería asombrosamente porosa. ¿Pero qué ocurriría si los funcionarios estadounidenses, opinan que la protección sería algo impermeable por completo?

19.8:

Por ejemplo, «Informe interagencias sobre Sistemas defensivos de misiles balísticos», *Aviation Week and Space Technology,* 17 de octubre de 1983, 16.

19.9:

Se han realizado varios informes acerca de cómo se emplearían las armas láser, con base en el espacio, para incendiar materiales inflamables en las ciudades y provocar de este modo el llamado «invierno láser» (A. Latter y E. Martinelli, «SDI: ¿defensa o represalia?», Informe R&D Asociados, 28 de mayo de 1985; Carolyn Herzenberg, «Invierno nuclear y la iniciativa de defensa estratégica (SDI)», *Physics and Society 15* [1], 1986; T. S. Trowbridge, «Invierno láser: amenaza de incendios en tierra por el SDI», Red Mesa Research Corp., Los Angeles, 1988). El concepto se ha visto criticado por resultar una forma inefectivamente costosa de incendiar ciudades en una era de armas nucleares (incluso con unas configuraciones SDI optimistas, las fuerzas láser quedarían agotadas en un ataque así sobre las ciudades, dejándolas inútiles para la defensa estratégica); al mismo tiempo, se observan ciertas «ventajas»: sería algo instantáneo el realizar un ataque sobre las instalaciones C^3I y un número limitado de objetivos estratégicos, sin advertencia y, desde el punto de vista de la elección de blancos, no nuclear. (H. Lynch, «Evaluación técnica de los empleos ofensivos del SDI», documentación de trabajo, Centro para la Seguridad Internacional y el Control de armamentos, Universidad Stanford, 1987.)

Se dice que las fuentes soviéticas están preocupadas respecto de que la SDI (y las armas antisatélites), en caso de emplearse, Produjeran un cinturón de finos fragmentos de misiles y satélites en la órbita terrestre, que originasen una profundidad óptica significativa, enfriando y oscureciendo la Tierra: «En principio, es posible el "invierno espacial". Se parecería al 'invierno nuclear', pero duraría mucho más tiempo.» (*Defense Daily,* 21 de junio de

19.10:

Solly Zuckermann, *Proceedings,* Sociedad filosófica estado, múdense, agosto de 1980. Puntos de vista similares han sido expresados en libros de Lord Zuckermann: por ejemplo, *Nuclear Illusion and reality* (Nueva York: Viking Penguin, 1983).

19.11:

Existen muchos otros enlaces propuestos. Hasta que fueron eliminados, de acuerdo con el tratado INF, los Pershing II y los misiles de crucero lanzados desde el suelo eran enlaces. Centenares de millares de jóvenes soldados estadounidenses en Europa son también *enlaces;* resulta difícil imaginar a muchos de ellos muriendo tras un ataque convencional soviético sin ninguna clase de represalia por parte de Estados Unidos. La esencia del pensamiento *enlace* occidental es que ni los europeos occidentales ni los estadounidenses creen que Estados Unidos actuaría en represalia con armas estratégicas contra una agresión convencional por parte del pacto de Varsovia, por miedo a que la Unión Soviética replicase en suelo norteamericano; la función del *enlace* es resaltar la plausibilidad de que Estados Unidos, bajo determinadas circunstancias, iniciase una guerra nuclear. El objetivo primario de esas conexiones es la mente humana.

19.12:

Gwynne Dyer, *War* (Nueva York: Crown, 1985), 1990.

19.13:

Por ejemplo, P. Lewis, «Ofertas soviéticas para ajustar el desequilibrio de las fuerzas convencionales en Europa», *New York Times,* 24 de junio de 1988, Al. Cf. «Propuestas del comité consultivo político del pacto de Varsovia». Budapest, junio de 1986; y Estados del Pacto de Varsovia, sesión del Comité Consultivo Político, Berlín, 28-29 de mayo de 1987, que apeló a la OTAN para que se les uniera a fin de reducir «la fuerza armada y los armamentos convencionales en Europa a un nivel en el que ningún lado, manteniendo su capacidad defensiva, pudiera tener medios para llevar a cabo un ataque por sorpresa contra el otro bando u operaciones ofensivas en general», y «Memorándum del Gobierno de la República Popular de Polonia acerca de la Disminución de Armamentos y aumento de la confianza en la Europa Central».(«PlanJaruzelski»), 17dejuliode 1987, Apéndice

D. en Wirth, ref. 19.18. En ausencia de una respuesta sustancial por parte de la OTAN durante varios años, la Unión Soviética comenzó a retirar tropas y blindados de manera unilateral (véase texto más adelante). Pero, en 1990, se afirmó que «las reducciones globales en las armas tácticas de la OTAN en Alemania eran ya inminentes» (Apple, ref. 21.4) y una revisión fundamental táctica de la «defensa avanzada» (por ejemplo, Batalla Aérea 2.000) se encontraba ya en marcha [David White, «El Pacto de Varsovia "ya no constituye una amenaza"», *Financial Times* (Londres), 23 de mayo de 1990, 1.]

19.14

Jonathan Dean. «La confrontación OTAN-Pacto de Varsovia en el siglo xxi: modelo aproximado para una postura de fuerza óptima», en *Alternative, Defensive Postures for NATO and the Warsaw Pact: Possibilities and Prospects for Conventional Arms* (Washington, D. C: Comité estadounidense para las relaciones Estados Unidos-Unión Soviética, 1988), 17-36. Dean es ex embajador de Estados Unidos en las Negociaciones de Mutuas y Equilibradas Reducciones de Fuerzas (1973-1981). Véase también Jonathan Dean, *Meeting Gorbachev's Challenge: How to build down the NATO-Warsaw Pact Confrontation* (Nueva York: St. Martin's, 1990).

19.15:

Secretario de Defensa Richard Cheney, declaración de 10 de noviembre de 1989 (véase, por ejemplo, «El Pentágono afirma que el riesgo de guerra es bajo en la posguerra, pero advierte contra la euforia», por MichaelR. Gordon, *NewYork Times,* 11 de noviembre de 1989), y Estimación de Inteligencia Nacional, setiembre de 1989 (discutido en «los cambios soviéticos significan la primera palabra de ataque», por Michel R. Gordon y Stephen Engelberg, *New York Times,* 26 de noviembe de 1989). Jefes conjuntos de Estado Mayor/CIA/Agencia de Defensa e Inteligencia, valoración conjunta, *Using Earlier Warning to improve crisis deterrence and warfighting capabilities,* analizada en «Los estudios hallan atrasados los planes de guerra de la OTAN: el informe concluye que la Alianza sobreestima la capacidad sóviética para el ataque», por Patrick E. Tyler y R. Jeffrey Smith, *Washington Post,* 29 de noviembre de 1989. Véase también Bernard E Trainor. «Con la reforma, malos tiempos para el Pacto de

Varsovia», *New York Times,* 20 de diciembre de 1989, Al6; David White, ref. 19.13.

A principios de marzo de 1990 se suscitó una iluminadora disputa, después de que William H. Webster, director de Inteligencia Central, testimoniase ante el Comité de Servicios Armados del Congreso. La Unión Soviética resultaba improbable que plantease una amenaza de guerra convencional importante para la OTAN o los Estados Unidos, como había estimado la CIA, y esto resultaba cierto aunque Mijaíl Gorbachov fuese remplazado por un líder soviético más belicoso. El secretario Cheney objetó estas conclusiones, principalmente, al parecer, sobre la base de que hacían más difícil su tarea de convencer al Congreso para que adjudicase sumas de dinero al Departamento de Defensa. (Cf. Michael Sines, «Webster y Cheney hablan de las probabilidades de una amenaza militar soviética». *New York Times*, 7 de marzo de 1990, A1,A13.)

Los acontecimientos evolucionaron con tanta rapidez que, una semana después, un análisis por parte del Estado Mayor de Planificación política del propio DoD, juzgó que el Pacto de Varsovia podía considerarse difunto en lo que se refería a una organización militar efectiva, y una valoración militar clara, por parte del mando conjunto de jefes de Estado Mayor, aseguró que —en parte a causa del deterioro de las fuerzas armadas en la Europa oriental —la OTAN podría, de forma efectiva, defenderá la Europa occidental contra un ataque convencional del Pacto de Varsovia, sin tener que recurrir para ello a las armas nucleares (Michael R. Gordon, «Aide difiere de Cheney respecto de la amenaza soviética», *NewYork Times,* 13 de marzo de 1990; Michael R. Gordon, «Cambia el punto de vista de Estados Unidos en lo referente a la defensa de Europa», *ibid.,* 14 de marzo de 1990.) Aunque los funcionarios estadounidenses se mostraron claramente renuentes a afirmarlo de una forma tan tajante, las justificaciones tradicionales para las armas tácticas nucleares en Europa, y la disuasión ampliada, parecían estar en decadencia- Incluso los miembros conservadores del Congreso comenzaron a llegar a la conclusión de que eran deseables y prudente unas reducciones importantes en el presupuesto de Defensa,en parte debido a que una gran zona de Europa oriental se había convertido *de facto* en una zona de desvío que aislaba a *Occidente* contra una posible invasión soviética. El secretario Cheney,ante las propuestas de reducciones de un 50% en el presupuesto

defensa para la década de los años 1990 —lo cual necesariamente incluiría muchos de los pasos por los que hemos abogado en los capítulos XVIII-XX— declaró que ello implicaba «un cambio radical en nuestro estatus global», y una caída desde la categoría de superpotencia (Michael R. Gordon, «Cheney llama a una reducción del 50% un riesgo para el estatus de superpotencia», N*ew York Times,* 17 de marzo de 1990; R. W. Apple, Jr., «Se ha informado de que Bush está dispuesto a aceptar unos grandes recortes militares.» Esta forma de pensar se imagina que la fuerza militar constituye la única medición de la seguridad nacional ref. 20.1).

19.16:

R. W. Apple, Jr., «Bush pide a los soviéticos que se unan a una fuerte reducción de tropas en Europa mientras los alemanes buscan el camino hacia la unidad», *New York Times,* 1 de febrero de 1990, A1, A12.

19.17:

«Seguramente una Alianza con la riqueza, talento y experiencia que poseemos puede encontrar una manera mejor que una extremada confianza en las armas nucleares para hacer frente a nuestra común amenaza. No creemos que si la fórmula $e = mc^2$ no se hubiese descubierto, debiéramos ser esclavos de los comunistas» (Robert S. McNamara, «Los Estados Unidos y la Europa occidental: problemas concretos de mantenimiento de una comunidad libre», discurso, Ann Arbor, Michigan, 1 de agosto de 1962. Recogido en *Vital Speeches of the Day 28* [20], 1962, 627-629.)

19.18

La prueba de esto ha estado disponible durante algún tiempo. véase, por ejemplo, C. Perkovich. *Defending Europe Without nuclear weapons* (Boston: Consejo para la Fundación de Educación para un mundo en el que se pueda vivir, 1987); el *Military Balance* anual (Londres: Instituto Internacional de Estudios estratégicos, todas las ediciones recientes); y estudios por la Rand Corporation, la Institución Brookings, la Oficina de Presupuestos del Congreso y, en sus informes anuales al Congreso, el mismo Departamento de Defensa, como se cita por Jane M. O. Sharp *(New York Times*, 6 de noviembre de 1986). Véase también

el senador Timothy E. Wirth, «El tratado de Fuerzas nucleares intermedias y el equilibrio de fuerzas convencionales en Europa' informe al Comité de Servicios Armados, Senado de los Estados Unidos», 3 de febrero de 1988 (Washington, D. C: U. s. Government Printing Office); K. Silversteen, «Mitos de las armas convencionales en Europa», *The Nation,* 11 de junio de 1988; T. K. Longstreth, «El futuro del control de armas convencionales en Europa», *Journal, of the Federation on American Scientist 41* (2), febrero de 1988, 1; «Las fuerzas de la OTAN y del Pacto de Varsovia: guerra convencional en Europa», *The Defense Monitor* (Centro de Información para la Defensa),17 (3), 1988,1; Michael R. Gordon, «Reducciones de armas en Europa: se desciende a los detalles», *New York Times,* 9 de marzo de 1989, A12; Robert D. Blackwill y F. Stephen Larrabee, eds., *Conventional Arms Control and East-West Security* (Durham, N. C: Duke University Press, 1989). Para una discusión de la ineficiencia de las fuerzas convencionales soviéticas en recientes campañas, véase A. Alexeiev, *Inside the Soviet Army in Afghanistan* (Santa Monica, Cal.: The Rand Corporation, publicación R-3627-A, 1988).

Aquí existe una razón de que las deficiencias en la noción de masiva superioridad convencional soviética haya sido oída tan raramente en Occidente: «El argumento de "comunismo suave" es siempre algo que desincentiva el asunto del argumento de la "abrumadora superioridad". No hay dos formas de considerarlo», afirma un ayudante de un miembro de rango elevado del Comité de Servicios Armados del Senado. (Perkovich, *Defending Europe,* 52).

Una perspectiva soviética, del miembro del comité Central, Georgui Arbatov:

> [Existe] una buena proporción de hipocresía en su bando [Estados Unidos]. Sus autoridades se quejan de que tengamos superioridad en armas convencionales. Tal vez la tengamos en algunas categorías y estemos preparados para desarrollarlas en esas áreas. Pero se han estado quejando acerca de esto durante cuarenta años, a pesar del hecho de que el producto nacional bruto de Occidente es dos veces y media mayor que el nuestro. Si realmente creen que poseemos semejante superioridad, ¿por qué no nos alcanzan? ¿Por qué no construyen tanques? No, creo que se han acostumbrado a emplear ese temor acerca de la presunta

> superioridad soviética para mantener unida su alianza de la OTAN y para justificarla con la fabricación de un número absolutamente irracional de armas nucleares. [Entrevista con Arbatov, «Estados Unidos también necesita perestroika», en Stephen F. Cohen y Katrina van den Heuvel, eds., *Voices of Glasnost: Interview with Gorbachev's reformers* (Nueva York: W. W. Norton, 1989), 317.]

Pero si las fábricas estadounidenses produjeran blindados en vez de coches, camiones y tractores, la economía civil sufriría en extremo. Y esto es precisamente lo que le ha sucedido a la URSS. Las armas nucleares compran «disuasión» de una forma mucho más barata: «Más explosiones por dólar», como fue el eslogan de los años 1950.

19.19:

Una tranquilidad adicional, si es que se precisa (y lo dudamos mucho), la proporcionarían unas medidas defensivas comparativamente poco costosas, como fortificar la frontera de 780 km entre la OTAN y el pacto de Varsovia (ref. 1918). Pero esta opción se ha convertido en extremo remota a medida que se ha ido llevando a cabo el proceso de reunificación de Alemania [que concluyó el 3 de octubre de 1990, con la desaparición de la RDA y sin que Alemania dejase de pertenecer a la OTAN]. A veces se discute (por ejemplo, Catherine M. Kelleher, en ref. 9.8) que, por razones políticas, económicas y demográficas, ya no es posible acomodar más defensas convencionales adicionales de la OTAN en Europa occidental. Esto sigue aún por demostrar, pero es cierto si también se argumenta una reducción de fuerzas convencionales.

19.20:

Algunos de esos estudios aparecieron, en 1989 y 1990, en ciertos números de la publicación *Science and Global Security: The Technical Basis for Arms Control and Environmental Policy hiciatives* (Nueva York: Gordon and Breach). Véase también frank von Hippel y Roald Sagdeiev, eds., *Reversing the arms race: How to achieve and verify deep reductions in the Nuclear Arsenals* Nueva York: Gordon and Breach, 1990). Otras discusiones a alto nivel entre Estados Unidos y la URSS, acerca de cómo conseguir la suficiencia mínima, ya han tenido lugar de una manera

informal (por ejemplo, «Se ha urgido el enfoque de posterior reducciones de armamento: acuerdo anticipado de una reducción del 50% en ojivas nucleares, los consultores estadounidenses soviéticos fijan sus objetivos de una "disuasión nuclear mínima" por Michel Parks, *Los Angeles Times*, 19 de octubre de 1989)-parecen probables unas discusiones a nivel oficial (Michael E. Gordon, «Estados Unidos recibe ideas de los soviéticos acerca de reducciones estratégicas: ya han tenido lugar las primeras su gerencias de Moscú respecto de la reducción del armamento nuclear», *New York Times,* 12 de febrero de 1990, Al, All) Aunque se han producido divisiones en la Administración respecto de discutir reducciones profundas con los soviéticos, un anónimo alto funcionario, citado en el artículo del *New York Times* afirma: «La voluntad de escuchar las ideas soviéticas acerca del START-2 no significa que pueda no existir una pausa después de START. Pero la tendencia general no está en favor de una pausa.» Un programa de reducciones más importantes en las fuerzas nucleares y convencionales estadounidenses durante la década de los años 1990 —aunque no en la escala por la que hemos abogado aquí—, ya ha sido propuesta por el influyente analista en temas de defensa William W. Kaufmann *(Glasnost, Perestroika, and U. S.. Defense Spending)* (Washington, D. C: Instituto Brookings, 1990). El primer ministro soviético, Nikolái I. Rizhkov, ha propuesto la reducción en una tercera parte, o en la mitad, del presupuesto militar de la URSS, en un período aún más breve de tiempo *(bid.,* 23-24).

19.21:

Por ejemplo, la Agencia de control de Armas y Desarme (ACDA), en un anuncio en el *Scientific American*, de enero de 1990, invitando a los candidatos a un concurso entre los miembros de las facultades de las Universidades estadounidenses para convertirse en estudiosos visitantes en la ACDA. Se solicita su «perspectiva y pericia».

19.22:

Roald Z. Sagdeiev, comunicación privada, 1989.

20.1:

Cf. Carl Sagan y Ann Druyan, «Dadnos esperanza: Carta abierta al futuro presidente», *Parade,* 27 de noviembre de 1988

1, 4-9. Reimpreso en forma de folleto por el Consejo para un mundo en el que pueda vivirse (Boston, 1989).

20.2:

por ejemplo, la carta del 15 de agosto de 1978 al presidente Jirnmy Carter, de los diseñadores de armas nucleares Norris Bradbury, Richard Garwin y J. Carson Mark:

> La tranquilidad respecto de la continuada operabilidad de los depósitos de armas nucleares se ha logrado, en el pasado, casi exclusivamente a través de pruebas no nucleares, por una minuciosa inspección y desarme de los componentes de las armas nucleares, incluyendo su equipo de encendido y sus espoletas... Ha sido bastante raro, hasta el punto de no existir ningún problema revelado por el programa de muestreo e inspección para que se *necesite* una prueba nuclear para su resolución.

Asimismo la carta, del 14 de mayo de 1988, a Dante Fascell, presidente del Comité de Asuntos Exteriores, Congreso de Estado s Unidos, por Hans Bethe y otros: «La continuación de las prueba s nucleares no es necesaria para asegurar la fiabilidad de las armas nucleares en nuestros depósitos.» Véase también Hugh E. DeWitt y Gerald E. Marsh, «Fiabilidad de los almacenamientos y prue bas nucleares», *Bulletin of the Atomic Scientists*, abril de 1984 40-41.

20.3:

La desintegración radiactiva del tritio se produce en una proporción de un 5,5% al año. Los empleos más importantes del tritio se producen en las armas de fisión-fusión-fisión y de «radiación ampliada». El actual inventario de tritio en todas las armas nucleares estadounidenses (o soviéticas) constituye un secreto de Estado, pero, probablemente, asciende a unos 100 kg. T. Cochram, W. Arkinn, R. Norris y M. Hoenig, *Nuclear weapons Databook,* volumen II: *U. S. Warhead production* [Cambridge, Mass.: Ballinger, 1987], 223 págs.; asimismo, ref. 19.3), es decir, la masa (pero considerablemente menos que el volumen) de un típico jugador de fútbol americano. Con reducciones en los arsenales actuales, recortes en la producción de nuevas ojivas nucleares y de pruebas, y el reciclado del tritio que existe en las

ojivas nucleares, el actual inventario de tritio debería ser sufi ciente para las próximas dos décadas en casi cualquier tipo de régimen de reducción de armamento. Nos adherimos a la propuesta de una reducción de armas nucleares verificada, por ambas partes, al ritmo (aunque confiamos que aún sea más de prisa) de la reducción de las armas termonucleares provocada por la desintegración radiactiva natural del tritio (J. Carson Mark, Thomas D. Davies, Milton M. Hoenig y Paul L. Leventhal «El factor tritio como función de fuerza en las conversaciones de reducción de armamento nuclear», *Science 241*,1988,1166-1168 Véase asimismo David Albright y Theodore B. Taylor, «Un poco de tritio dura mucho», *Bulletin of the Atomic Scientists*, enero/ febrero de 1988, 39-42).

20.4:

Artículo VI del Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares (firmado en 1968; ratificación completada en 1970) que obliga a Estados Unidos, el Reino Unido y la Unión Soviética:

> a proseguir negociaciones de buena fe sobre medidas efectivas relativas al cese de la carrera de armamento nuclear, en un principio, y al desarme nuclear, y a un tratado sobre desarme general y completo bajo un control internacional estricto y efectivo.

Esto constituye el *quid pro quo,* debido a las otras naciones signatarias que prometen no desarrollar armas nucleares... Estados Unidos, el Reino Unido y la URSS se encuentran aún en un flagrante incumplimiento de sus obligaciones bajo este tratado, un hecho que otras naciones alegan a menudo cuando se las requiere acerca de sus reales o supuestas violaciones del mismo.

El preámbulo del Tratado de prohibición limitada de pruebas nucleares de 1963 proclama, como «objetivo principal» de esas tres naciones

> el logro lo más pronto posible de un acuerdo acerca de un desarme general y completo bajo estricto control internacional..., que ponga fin a la carrera de armamentos y elimine el incentivo a la producción y pruebas de toda clase de armas, incluyendo las armas nucleares.

El protocolo de la Convención de Ginebra de 1949, artículo 85, prohibe «el desencadenamiento de un ataque indiscriminado que afecte a la población civil..., con el conocimiento de que semejante ataque causaría un número excesivo de pérdida de vidas». Esta Convención, ratificada por Estados Unidos, en 1977, constituye, al igual que todos los tratados, a través del Artículo VI de la Constitución de Estados Unidos, «la ley suprema del país». Ninguna pérdida de vidas en la guerra nuclear, y ningún sofisma acerca de que la población no es un objetivo «per se» (ref. 8.15) salva las obligaciones de Estados Unidos y la Unión Soviética bajo los términos de la Convención de Ginebra. Sólo la reducción de las armas nucleares por debajo del nivel capaz de generar un invierno nuclear constituiría un intento serio de cumplir la ley de Estados Unidos.

20.5:

Entre los sistemas de armas soviéticos que se cancelarían bajo un acuerdo de este tipo se encuentran los SS-18 de 10 ojivas nucleares (Mod-5), el submarino estratégico Tifón, el bombardero estratégico «Blackjack» y todos los misiles de crucero provistos de ojivas nucleares.

20.6

Más un programa de investigaciones internacionales fuertemente ampliado, subvencionado por los gobiernos, acerca del invierno nuclear. Esto incluirá estudios de organismos y ecosistemas, así como del medio ambiente y del clima, cubriendo todo el abanico de casos del invierno nuclear, con la utilización de nuevos sistemas de ordenadores para mejorar la resolución espacial de los modelos de circulación general, incluyendo la influencia del enfriamiento del océano y la circulación oceánica, y enfatizando las consecuencias globales a largo plazo. Creemos que sería de lo más útil para quienes hacen política, y para el público en general, observar las descripciones de cambio del tiempo, a través de ordenadores, y la evolución de la temperatura superficial, índices de sequía, etc. en un mapa mundial, para cada una de la inmensa variedad de casos de invierno nuclear.

21.1:

Lal Kishanchand Advani, presidente del partido Bharatiya Janata de la India, comentó:416

> A causa de la invasión china de 1962, y dado que China y Pakistán prosiguieron por la vía nuclear, nos pareció a que la *Realpolitik* demandaba que también nos convirtiéramos en naciones nucleares. Sería muy feliz si todo el mundo se convirtiese en no nuclear, pero la situación es la que es, y aunque las armas nucleares no lleguen a usarse, proporcionan un equilibrio político, particularmente en las relaciones y comunicaciones limitadas que tenemos con Pakistán y China. [Barbara Crossette, «El líder hindú militante adopta el papel de creador de reyes», *New York Times* 28 de noviembre de 1989.]

Los políticos paquistaníes podrían también argumentar que necesitan armas nucleares, a causa de que la India «ha adoptado el camino nuclear».

En realidad, sólo se ha producido una explosión nuclear en lo que se refiere al subcontinente, llevada a cabo por un «artilugio» indio. Bajo la primera ministro Indira Gandhi, la capacidad de la India en armas nucleares se incrementó, desde la estimación de una bomba al año, en 1974, a unas 30 bombas anuales una década después (Leonard S. Spector, *Going nuclear* [Cambridge, Mass.: Ballinger, 1987], 91. Toda una fábrica de enriquecimiento para convertir el polvo de uranio en hexafluoruro de uranio, fue entrada de contrabando en Pakistán desde la R. F. de Alemania, ente 1977 y 1980. En marzo de 1985, un tribunal de la R. F. de Alemania condenó a un tal Albrecht Migule por el acto; se le impuso una multa de 10.000 dólares y una condena de seis meses, con suspensión de sentencia *(ibid.* 103-104, 282). Esto ocurrió bajo las «garantías» impuestas por la Agencia Internacional de la Energía Atómica, con sede en Viena. Parece haber una gran cantidad de guiños, asentimientos y sesteos por parte de los sistemas legales nacionales y las organizaciones internacionacionales que se suponen están dedicadas a prevenir la proliferación nuclear.

21-2:

Los ejemplos posibles incluyen a Iraq, cuyo reactor nuclear de Osiraq fue demolido por un ataque aéreo israelí en 1981. (aunque «parece casi imposible que en el momento de la incursió israelí, Osiraq pudiera haber producido en secreto plutonio

en las cantidades necesarias para un programa clandestino de armas nucleares» [Spector, ref. 21.1, pág.162]). La capacidad nuclear iraquí está de nuevo creciendo [hasta la guerra del Golfo con las incursiones aéreas de la coalición militar, llevando a la práctica el mandato del Consejo de Seguridad de la ONU para liberar Kuwait y que no terminó hasta el 28.2.1991, a partir del 17 de enero de 1991, y que la redujo de nuevo a cero. Nota de la edición española]. También en 1981, Libia entró en negociaciones para adquirir armas nucleares con un ex oficial de la CÍA (o tal vez aún en activo), de nombre Edwin Wilson. Éste, previamente, había suministrado a Libia temporizadores, detonadores y 20 toneladas de explosivo plástico C-4, y como también ex boina verde, enseñó a los libios cómo emplear esta tecnología (especialmente útil para hacer estallar aviones de líneas aéreas). Con un socio belga, Wilson ofreció al coronel Muammar Gadaffi, el líder libio, una instalación para fabricar armas nucleares. Afirmaron que podría tener una productividad de 8 bombas de poder explosivo de 1 megatón y 25 de un poder explosivo de 500 kilotones —adecuado para su lanzamiento desde un avión—, así como una gran cantidad de armas de menor poder explosivo. La oferta fue un señuelo al que Libia pronto sucumbió *(íbid.,* 150-153). La importancia del incidente radica en el interés de Libia por hacerse con armas nucleares y la existencia de comerciantes de armas, con un estatus ambiguo oficial o cuasioficial, deseosos en extremo de suministrar cualesquiera armas a cualquier parte...., por un precio. Su existencia salió a la atención pública durante el fracaso de la operación Irán-contra.

21.3:

Por ejemplo, la observación del ministro de Asuntos exteriores de Nigeria, Bolaji Akinyemii: «Nigeria tiene una responsabilidad sagrada de desafiar el monopolio racista de las armas nucleares.» New *York Times,* 23 de noviembre de 1987, Al2). Alí Mazrui, en *The Africans: A triple Heritage* (Boston: Little, Brown, 1986), 315, y en otras partes, sugiere que, sólo cuando las naciones africanas, con lo que él describe como su «subdesarrollo e inestabilidad», parezcan a punto de adquirirlas, será cuando las potencias principales comprendan la necesidad de una absoluta abolición de las armas nucleares

21.4:

Éste fue un elemento importante en el debate de 1990 acer de si una Alemania unificada debiera mantener lazos al mismo tiempo con la OTAN y con el Pacto de Varsovia, sólo la OTAN con algún nuevo tratado de organización europea. La continú' dad de las armas europeas en suelo alemán se supone que cabría la necesidad de algún futuro líder alemán para dotar a Alemania de un arsenal nuclear. Francia y la URSS, en particular, se cree que quedaron aliviadas de una perspectiva semejante. Pero el punto de vista soviético, en rápido flujo mientras este libro iba a las prensas en su edición inglesa, opina que una Alemania unificada dentro de la OTAN constituye algo aceptable, siempre y cuando no existan armas nucleares estacionadas en su suelo. [En el proceso de la edición española, ya es sabido que, desde el 3.10.1990, se produjo la unificación alemana, desapareció la RDA y su ejército e instituciones políticas, y la Alemania unida sigue perteneciendo a la OTAN, mientras que, desde 1.4.1991, parece que va a desintegrarse el Pacto de Varsovia.] [R. W. Apple, Jr., «Armas y Alemania», *New York Times,* 29 de junio de 1990; David Goodhart, «Bonn pondera un comercio nuclear con Moscú», *Financial Times* (Londres), 6 de junio de 1990, 3.]

21.5:

Sanjov Hazarika, «Se informa que la India está preparada para probar misiles con un alcance de 2.300 km», *New York Times,* 3 de abril de 1989; *Missile Proliferation,* Servicio de Investigaciones del Congreso, informe 88-642 F, revisado el 9 de febrero de 1989; James T. Hackett, «La epidemia de misiles balísticos», *Global Affairs 5* (1), invierno de 1990,38-57; JanneE. Nolan y Albert D. Wheelon, «Misiles balísticos del Tercer Mundo», *Scientific American,* agosto de 1990, 34-40.

Sin embargo, con menos conflictos armados en el mundo y las tesiones globales en declive, aumentan las complicaciones de los fabricantes de tales misiles. Un caso claro es el de la «Avibrás Aerospacial, S. A.», el primer fabricante de misiles brasileño y en. 1987, el exportador líder de cualquier compañía privada en el Brasil Sus beneficios han venido, principalmente, de la guerra Irán- Iraq. Cuando la guerra acabó, la compañía empezó a tener que enfrentarse con malos tiempos. En enero de 1990 se inició su solicitud de quiebra (James Brooks, «La paz es poco saludable para la industria armamentística brasileña». *New York Times,* 25 de febrero de 1990

21.6:

Paul Lewis, «Las naciones no alineadas buscan una prohibición total de las pruebas nucleares». *New York Times,* 15 de noviembre de 1989.

21.7:

Stephen Shenfield, «Disuasión nuclear mínima: el debate entre los analistas civiles soviéticos», Centro para el Desarrollo de la Política Exterior, Universidad de Brown, noviembre de 1989.

Aunque los funcionarios chinos, de una manera más o menos consistente, han citado una reducción del 50% en los arsenales estratégücos de las superpotencias, como una condición previa para que China redujera sus arsenales, ha sido dada por Di Hua, director de la Compañía China Internacional de Comercio e Inversion. Maneja unos índices comprendidos entre 5:11 y 3:1 («China y la bomba», *Science 239* 1988, 972-973), valores que se hallan die acuerdo con lo que los analistas del ministerio de Asuntos Exteriores soviético han estado discutiendo. Las armas nucleares chinas se piensa que apuntan a unos blancos, de manera casi exclusiva, sobre la Unión Soviética.

21.8:

D. Albrightt, «El arsenal nuclear israelí» *.Public Interest Report* (Federación de Científicos Estadounidenses) *41* (5), mayo de 1988, **4-6.**

21.9:

Libro de Josué, 6:1-27. Asimismo, cuando se anunció, el 18 de marzo de 1988, que misiles chinos de alcance intermedio serían adquiridos por Arabia Saudí, el gobierno de Estados Unidos declaró que se le había asegurado, por parte de los niveles más elevados del gobierno saudí, que tales misiles nunca se empleaban para transportar ojivas nucleares. Pero no se ofrecieron, o se han ofrecido, ninguna clase de garantías.

21.10:

Por ejemplo, el en aquella época ministro israelí de Asuntos exteriores, Yitzhak Shamir, en un discurso ante la Asamblea General de las Naciones Unidas, el 1 de octubre de 1981, en la que

también hizo un llamamiento para declarar a Oriente Medio zona libre de armas nucleares.

21.11:

En 1966, la Comisión de Energía Atómica Israeli se reorganizó, y el primer ministro se autonombró su presidente; en 1969 las instalaciones de plutonio de Dimona quedaron activadas; erí 1974, la CIA informó de armas nucleares israelíes operativas; y en 1979, Israel y la República Sudafricana, trabajando en colaboración, se sospecha que hicieron la prueba de un arma nuclear de baja potencia explosiva (B. Heit-Hallahmi, *The israeli Connection: Whom Israel Arms and Why* [Londres: Tauris, 1987]). Véase asimismo la ref. 21.8. 21.12: José Stalin, *Pravda* 25 de setiembre de 1946. Teng Ch'ao, «Más allá del mito de la guerra atómica», Pekín (Beijing), 1950 [citado en Henry Kissinger, *Nuclear Weapons and Foreign Policy* (Nueva York: Harper, 1957; Mao Zedong, enero de 1955, observaciones del enviado finlandés a China, «El pueblo chino no puede verse intimidado por la bomba atómica», en *Obras selectas de Mao Tsé-tung,* volumen V (Beijing, 1977), 152-153; «Una magnífica victoria del pensamiento de Mao Tsé-tung», *Jiefangjun Bao* (Diario del Ejército de Liberación), 18 de junio de 1967, citado en John Wilson Lewis y Xue Litai, *China build the bomb* (Stanford, Cal.: Stanford University Press, 1988), 210.

22.1

Puede aún existir la posibilidad de explosivos convencionales (no nucleares) lanzados con cohetes estratégicos, y que originen incendios en ciudades lejanas o en instalaciones petroleras. Pero la escala de los cohetes necesarios para originar humo que generase un «invierno nuclear de explosivos de gran potencia» no está al alcance de todas las naciones, excepto las superpotencias. Esas consideraciones resaltan la importancia de ordenar e mundo de forma tal que —con armas nucleares o sin ellas ninguna nación llegue a tener un almacén importante de misi estratégicos para ningún tipo de uso, real o previsible, incluí los viajes espaciales. Esta prohibición es asimismo releva respecto de las capacidades para una guerra química o biológica que también se hallaría en régimen de desinversión si se ento un régimen MSD.

Pero este peligro existe también hoy, y resulta posible el imaginar a un grupo terrorista armado nuclearmente, y que sea inmune a la amenaza de una represalia nuclear, o incluso un líder nacional, hasta tal punto captado por la ideología y el fanatismo, al que no conmueva la perspectiva de la destrucción de su patria (cf. ref. 15.8). Además, existen potentes medios de castigo no nuclear disponibles a las naciones del todo desprovistas de armas nucleares.

22.3:

Fredericks. Dunn, «El problema común», en Bernard Brodie, ed., *The Absolute Weapon: Atomic Power and World Order* (Nueva York: Harcourt Brace, 1946), 15. La idea general tiene una larga historia «En las cantidades pequeñas —escribe Thomas Hobbes en su Leviatán—, pequeñas adiciones en un lado o en otro convierten la ventaja de la fuerza en algo tan grande, que resulta suficiente para llevar a la victoria.»

22.4:

Sin embargo, el invierno nuclear proporciona una contraargumentación a este ritmo tan tranquilo. Consideremos la posibilidad de que incluso la disuasión suficiente más pequeña posible produzca una catástrofe climática. Hemos basado nuestras estimaciones en el tamaño de una fuerza nuclear de un mínimo suficiente, con el arsenal estratégico más pequeño que pueda generar un invierno nuclear nominal (clase III). Averiguamos que un inventario global de, por ejemplo, unas cuantos centenares de armas bastaría, con Estados Unidos y la URSS manteniendo la mayor parte de, digamos, unas 100 armas por cada parte. Silos sistemas de armas son altamente fiables e invulnerables al ataque, esto, según nosotros, proporcionaría de por sí, una fuerte disuasión. Pero, al discutir la figura 6 (hacia el final del capítulo XVI), observamos que, bajo las condiciones más desfavorables de elección de objetivos, y las restantes incógnitas en la física que rige el asunto hasta sólo unas 50 explosiones de armas atómicas jarían ya suficientes. (Para un invierno nuclear «benigno» [clase II] aún mucho peor que los acontecimientos que siguieron a la explosión volcánica de Tambora de 1815, incluso aún menos armas serían suficientes.). Si un inventario tan pequeño fuese el

único permitido a las naciones provistas de armas nucleares Estados Unidos y la URSS podrían esperar sólo unas 20 armas para cada uno, o menos. A causa de las incógnitas intrínsecas de la fiabilidad de las armas nucleares y de sus sistemas de lanzamiento, un arsenal tan escaso no podría considerarse una disuasión segura. (Existen aquellos que guardan las mismas reservas respecto del límite de unas 100 armas.) Aunque son precisas ulteriores investigaciones que apoyen unas estimaciones tan bajas del umbral del invierno nuclear para estas armas el invierno nuclear sugeriría entonces que nos movemos con rapidez desde una suficiencia mínima a la abolición, en la línea con la afirmación de Kahn entre la fiabilidad de la disuasión nuclear y la probabilidad de que esto constituya una máquina del Juicio Final. En ese caso, la disuasión de un ataque convencional requeriría otros medios, no nucleares. Pero cuanto más bajo sea el umbral de las armas nucleares, según los datos actuales, más improbable resulta, y hemos ignorado los argumentos hasta aquí, y en las páginas restantes de este libro.

22.5

Aunque aquí no constituya un buen argumento el que las armas nucleares desalienten una guerra convencional entre una superpotencia y una nación desprovista de armamento nuclear, como Vietnam o Afganistán, ni tampoco entre los Estados clientes de las superpotencias.

22.6:

Por ejemplo: «Ante semejantes evidencias [de invierno nuclear], resulta claro que la institución de la guerra se encamina hacia el vacío. Simplemente, ya no es posible, en lo que se refiere a las potencias principales, el lograr cualquier cosa contra una u otra por medio de la guerra. Asimismo, incluso sólo intentarlo constituye un riesgo que afectaría, no sólo a sus propios futuros, sino también al de todos los demás.» (Gwynne Dyer, *War* [Nueva York: Crown, 1985].)

22.7:

Entre sus abogados se encuentra el presidente Mijaíl Gorbachov:

> Si comenzamos a orientarnos hacia una disuasión nu-

clear «mínima» le aseguro que las armas nucleares comenzarán a extenderse por todo el mundo, dejando sin valor y amenazando todo lo que hemos conseguido en las conversaciones soviético-estadounidenses, y en conversaciones entre los estados que poseen armamento nuclear. [Citado enM. M. Kaplan, «Hacia un mundo libre de armas nucleares» (documentación DEL-023), 6, de la Conferencia Memorial Nehru: «Hacia un Mundo libre de armas nucleares y no violento», Nueva Delhi, 14-16 de noviembre de 1988.]

Kaplan, el ex secretario general de las conferencias de científicos de Pugwash, partidario de acabar con la carrera de armamentos nucleares, añade:

> Dejando completamente de lado las objeciones morales de confiar en la represalia con armas de destrucción en masa, la disuasión nuclear no es un medio fiable para inducir la seguridad, si se basa en los arsenales actuales y en el peligro inherente de una guerra accidental. El desarme nuclear que conduzca a una «disuasión mínima» no aportará la estabilidad; a largo plazo, es probable que ocurra una carrera de armas, y es posible que más naciones adquieran armas nucleares para su seguridad.

Sin embargo, continúa:

> Los medios conocidos de verificación podrían asegurar el cumplimiento con movimientos para reducir los arsenales nucleares a un nivel muy bajo, pero no puede hacerse efectivo en un 100 por ciento, lo que constituye una condición necesaria para la eliminación completa de las armas nucleares *[ibíd.,* 5-6].

Ingvar Carlsson, primer ministro de Suecia, nos ha escrito, en una comunicación privada de 1989:

> El concepto de disuasión nuclear mínima constituye algo reprensible, tanto desde el punto de vista moral como en términos de seguridad nacional. Los descubrimientos que usted y el profesor Turco han documentado de forma tan exhaustiva, nos muestran que, incluso un empleo li-

mitado de las armas nucleares, tendría unas consecuencias catastróficas a nivel global. Constituye una falacia cínica para cualquier estado basar su seguridad nacional sobre las premisas de un holocausto a nivel mundial. Para eliminar por completo la amenaza que nos plantea a todos el empleo de las armas nucleares, dichas armas deberían quedar abolidas.

Fremann Dyson (en una comunicación privada, 1989), argumenta:

> Creo que sería más fácil y más rápido, así como más deseable, lograr un acuerdo a nivel mundial para desechar las armas nucleares en vez de llegar a un acuerdo de «disuasión mínima». Naturalmente, se trata de un asunto en que, razonablemente, puede haber controversias entre el público. Lo único importante es que debemos aprovecharnos con rapidez de la actual oportunidad de unas profundas reducciones, sin aguardar a que los expertos nos sigan aportando argumentos acerca de qué disuasión mínima sea la requerida.

22.8:

La opinión oficial soviética, últimamente ha ido derivando desde la abolición hacia un período intermedio de suficiencia mínima de una duración no especificada. Por ejemplo, la necesidad de «trabajar sin pausa para elaborar una definición de los parámetros específicos de una disuasión nuclear mínima, incluyendo las armas nucleares tácticas». («Declaración conjunta soviético-finlandesa: Nuevo pensamiento político en acción», *Pravda,* 27 de octubre de 1989.)

22.9:

Por ejemplo, Jonathan Schell, *The abolition* (Nueva York: Knopf, 1986). Para un breve resumen de la opinión sovieti véase ref. 21.77.

22.10:

Einstein, en un discurso sin terminar, bosquejado después de una reunión, el 11 de abril de 195 5, con el embajador israelí Abba Eban y el cónsul Reuven Dafni, en Princeton, Nueva Jersey-

425

Einstein on Peace, editado por Otto Nathan y Heinz Norden (Nueva York: Simon and Schuster, 1960), 641.

22.11:

Estos temas se desarrollan con mayor detalle en un próximo libro escrito por Carl Sagan y Ann Druyan (Nueva York: Random House).

Apéndice A
EL CLIMA: LA MÁQUINA DE ENERGÍA GLOBAL

La luz y el calor de la [Tierra] procede del Sol y su frío y su oscuridad del apartamiento del Sol.

Libro de notas de Leonardo da Vinci (Nueva York: Random House, edición Modern Library), pág. 21.

Parece como si esta noche no fuera sino el pleno día enfermo.

Porcia, en William Shakespeare, *El mercader de Venecia,* acto V, escena 1.

¿Qué es el clima?

El predecir el tiempo —especialmente algo más que con unos días de antelación—, es, como todo el mundo sabe, difícil. Las previsiones exactas del tiempo pueden encontrarse más allá de la ciencia moderna durante un considerable período próximo. Incluso hay científicos que creen que siempre estará más allá de nuestras posibilidades. Pero el clima no es lo mismo que el tiempo. y predecir el clima futuro —por difícil que sea— puede

estar al alcance de nuestra mano incluso ahora.

El tiempo es el estado local de la atmósfera en cualquier momento dado y varía continuamente. De forma sencilla el clima se define como el tiempo medio durante largos períodos v regiones extensas. Se necesita siempre algún tipo de promedio para conectar el tiempo con el clima. El clima se expresa con una serie de parámetros meteorológicos, como el promedio de temperaturas superficiales (*) y la precipitación media para un mes en particular (por ejemplo, julio).

Los parámetros pueden proporcionarse por días, semanas meses, estaciones, años, decenios, siglos, milenios, etc., con sus correspondientes tiempos medios. El clima, por lo general, se describe por regiones, que deben ser continuas desde el punto de vista geográfico, ecológico, económico o político; por ejemplo, las Grandes llanuras de Norteamérica, la Meseta tibetana, el valle del Rin o Nueva Jersey. De un modo más amplio, los parámetros climáticos promediados sobre un continente, un hemisferio, o todo el Globo, pueden usarse en estudios de «cambio global» e

(*) En la ciencia, así como en la vida diaria en casi cualquier lugar del mundo, las temperaturas se miden, por lo general, en grados centígrados, o °C. También se les llama grados Celsius y se les abrevia igual: °C. Otra medición de la temperatura se da en grados Fahrenheit, o °F, empleados en la vida diaria en Estados Unidos y en muy pocos lugares más. La conversión entre esas dos escalas de temperatura la proporciona la siguiente y sencilla relación:

$$°C = 5/9\ (°F - 32)$$

que equivale a

$$°F = 9/5\ °C + 32$$

En la escala centígrada el punto de congelación del agua destilada es 0 °C, y el punto de ebullición, 100 °C. En la escala Fahrenheit, las temperaturas correspondientes son 32 °F y 212 °F. Resulta sencillo comprobar que la escala centígrada es mucho más fácil de manejo. En física, existe asimismo una escala de temperaturas absolutas, o Kelvin, que comienza, en el punto de congelación del agua, sino a partir del cero absoluto, algo frío que cualquier cosa. El cero absoluto corresponde a unos -273 °C, es decir

$$ºK = °C + 273.$$

historia del clima. Sobre todo en este sentido más amplio es como discutimos en este libro el clima, las perturbaciones climáticas originadas por el humo y el polvo generado por una guerra nuclear.

Vulnerabilidad de la vida ante los cambios climáticos

El clima de nuestro pequeño mundo se ha encontrado en un estado de continuo cambio desde los primeros desarrollos —hace unos cuatro mil millones de años— de un medio ambiente estable en el que apareció y se desarrolló la vida. Los cambios en el clima han tenido lugar a unas velocidades enormemente diferentes, desde el lento calentamiento (en varios grados centígrados por encima de las anteriores temperaturas globales) en la época cretácica, que ocupó 70 millones de años de tiempo geológico, hasta el abrupto enfriamiento global, exactamente al final del Cretácico, que ahora se identifica con un impacto cometario o de un asteroide, y el subsiguiente «invierno de impacto» (capítulo V). La extinción de los dinosaurios y la mayoría de las otras especies entonces vivientes, debieron ser el resultado de este devastador suceso. En una diferente escala de tiempo, las eras glaciales representan períodos de enfriamiento (de unos 5 °C por debajo del promedio global), que duraron miles de años, interrumpidos por recalentamientos interglaciales de tal vez diez mil años de duración. En unas escalas de tiempo aún más breves, existe una variación de 0,2 °C en las temperaturas terrestres con un ciclo de once años, que corresponde a pequeños cambios en el brillo del Sol originados por la presencia y ausencia periódica de manchas solares. (Por lo tanto, para ser rápidamente detectable, cualquier invierno nuclear o cualquier otro cambio climático no deberían ser mucho menor que unos 0,2 °C.)

El clima global a largo plazo, medido por las temperaturas superficiales medias en el planeta, no ha variado más de 10 °C, desde los valores actuales, durante toda la historia climática de la Tierra accesible a la ciencia moderna. Acontecimientos extremados, como el invierno de impacto de fines del Cretácico, ocasionalmente modificaron la situación de fondo con desastrosas consecuencias ecológicas. La prodigiosa escala de extinciones en masa —incluyendo, a veces, la extinción de hasta el 90% de todas las especies existentes—, se debe en parte a un tipo de complacen-

cia evolucionaría: adaptaciones a medios ambientes extremados tienden a perderse por mutación si, bajo condiciones climáticas estables a largo plazo, no existe ninguna ventaja para tales adaptaciones. A medida que transcurren períodos de tiempo inmensos, la vida, cómodamente ajustada a las condiciones prevalecientes, se hace crecientemente más propensa al riesgo de los repentinos cambios medioambientales. Vale la pena observar que la civilización humana ha evolucionado por completo en una época de clima benigno. Al menos, algunos bloques constructivos esenciales de nuestra civilización —y resulta natural pensar ante todo en la agricultura— podría, por tanto, ser precariamente vulnerable, incluso ante cambios en el clima comparativamente pequeños.

El estudio SCOPE (ref. 3.11) llama la atención respecto de

> la extrema sensibilidad de la vida humana en la Tierra para poner en peligro las bases agrícolas, económicas y sociales que mantienen a las poblaciones por encima de la capacidad de respuesta de los ecosistemas naturales; por ejemplo, los niveles posibles sin ninguna producción agrícola. La población humana de la Tierra tiene una vulnerabilidad mucho mayor a los efectos indirectos de la guerra nuclear, en especial a través de los impactos en la producción alimenticia y la disponibilidad de alimentos, que los efectos directos de la guerra nuclear en sí.

Prediciendo el futuro: ¿Qué es un «modelo» atmosférico?

Los científicos interesados en los funcionamientos del mundo natural (así como del resto de todos nosotros), a menudo desean predecir el futuro. Al estudiar el presente y el pasado, los científicos desarrollan teorías que consiguen describir cómo los fenómenos de interés (por ejemplo, la temperatura media) son forjados por las fuerzas de la Naturaleza. Dichas teorías se han visto expresadas inicialmente como conceptos generales, que han sido formulados rigurosamente como una serie de ecuaciones matemáticas que cuantifican las relaciones entre los diversos parámetros físicos —las llamadas ecuaciones de Navier-Stokes, por ejermplo que describen los movimientos de un fluido viscoso como el aire

Naturalmente, la definición de las expresiones matemáticas se basan por sí mismas en las leyes fundamentales de la física y de la química (por ejemplo, la ley de los gases perfectos, que relaciona la presión, la temperatura y la densidad en cualquier punto de la atmósfera). Las ecuaciones, junto con la información ¿el estado inicial del sistema y de los valores de los parámetros físicos claves, constituye un «modelo» del fenómeno. El modelo puede resolverse analíticamente (por manipulación directa de las ecuaciones gobernantes) o numéricamente; en el último caso, las ecuaciones se reescriben en una forma adecuada para un ordenador digital. Las soluciones del modelo, en un sentido, proporcionan predicciones de posibles acontecimientos futuros.

Para asegurarse de que el modelo proporciona una imagen realista del futuro, sus predicciones se comprueban con los acontecimientos que ya han ocurrido. Si las previsiones del modelo no se hallan de acuerdo con lo que en realidad ha sucedido, en ese caso la teoría en la que se basa el modelo debe modificarse, las ecuaciones remodelarse y buscar nuevas soluciones. Si, después de una alteración razonable, y una atención diligente a los detalles, la teoría no se halla de acuerdo con las observaciones, en ese caso habrá que descartarla. El fracaso del modelo, cuando se comprueba con datos relevantes, sugiere, por lo general, modos alternativos para explicar los fenómenos observados. A menudo, la teoría inicialmente propuesta puede tener en cuenta una gran parte de las observaciones, pero no cada uno de los detalles. En ese caso debe refinarse a través de pequeñas modificaciones que mejoren la exactitud total de las predicciones sin contradecir los principios subyacentes. El desarrollo de un modelo físico —en particular el fenómeno complejo que caracteriza el medio ambiente global—, constituye un proceso evolucionista e interactivo en el que los datos se buscan de manera continua para mejorar, o desaprobar, la teoría básica.

Imaginemos, por ejemplo, que usted —que ha dormido hasta mediodía durante las últimas semanas— desea predecir el momento exacto de la salida del Sol del día siguiente. Usted puede imaginarse, basándose en su memoria del cambio que se produce con las estaciones de la hora de la salida del Sol durante el año anterior. A diferencia del tiempo, la hora de la salida del Sol sobre fierra es regular como un reloj, y esto sería un enfoque razonable, incluso hasta de una gran exactitud, dependiendo de lo buena que sea su memoria. Alternativamente, podría construirse

un «modelo» más preciso de salidas del Sol. O bien tornar en consideración la ley de la gravedad de Newton, los movimient os de los planetas en torno del Sol, las masas del Sol, la Luna y los planetas y sus distancias respectivas, el índice de rotación de la Tierra sobre su eje y la inclinación del mismo con respecto de 1a órbita de la Tierra alrededor del Sol. Basándose en esos conceptos podría usted escribirlas ecuaciones que describen el movimiento de la Tierra a través del espacio y la posición de un punto sobre la superfície de la Tierra con relación al Sol. Debería resolver dichas ecuaciones de forma conveniente, quizá con ayuda de su ordenador personal, con el fin de obtener una solución precisa respecto de las horas de la salida del Sol en su punto geográfico local. A continuación debería confrontar sus respuestas respecto de lo que usted conoce de la salida del Sol durante los pasados años. Tal vez desease incluir en esto las montañas de su horizonte oriental. Si todo ha ido bien habría predicho correctamente la salida del Sol de mañana. En caso contrario, habría cometido algún error y dejado de tener algo en cuenta. En ese caso, debería volver a su mesa de trabajo.

Supongamos ahora que lo que desea es predecir el tiempo de las semanas próximas, o el clima de los años siguientes. En cada caso, deberíamos desarrollar un concepto teórico, escribir las ecuaciones apropiadas, formular una solución numérica, realizar predicciones y comprobarlas con exactitud. Si las predicciones son inexactas, deberíamos repetir el proceso con algunos cambios en todo aquello que se ha dado por supuesto. Los científicos atmosféricos han desarrollado modelos para la previsión del tiempo y del clima, más o menos sobre esas bases, durante las pasadas dos décadas. Esos modelos son extraordinariamente complejos, y requieren de toda la potencia de cálculo de los superordenadores más grandes, para conseguir respuestas de utilidad práctica. Pero los modelos de unos problemas medioambientales muy complejos son siempre aproximados; no se pueden incluir todos los detalles físicos o los efectos, de un lugar tan intrincado como es la Tierra en su totalidad.

A veces no estamos seguros de cómo actúa un aspecto particular del medio ambiente, y nos vemos forzados a buscar algo aproximado o no tomarlo en cuenta. Pero no precisamente porque un modelo no incluya cada posible detalle, ello quiere decir que sea inexacto, y mucho menos que carezca de utilidad Esa exactitud se verifica comparando las predicciones con las

observaciones pasadas, presentes y futuras. Además, el modelo conceptual básico (o matemático), se emplea para predecir los efectos de fenómenos análogos y comprobarlos con las observaciones de los mencionados fenómenos. (Por ejemplo, modelos de radiación climática desarrollados para los aerosoles del invierno nuclear, se emplearían para calcular los efectos de enfriamiento debidos al humo de los incendios forestales o al polvo impulsado por el viento. En ese caso, cuando se produzca un incendio forestal o una tormenta de polvo, se comprobará el funcionamiento de los modelos.)

Existe una mayor elegancia y utilidad en un modelo conceptual exacto y simple que en otro más exacto pero más complejo. Pero para diseñar unos modelos buenos y sencillos, nuestros conocimientos del mundo físico han de ser muy profundos, y la Naturaleza debe ser generosa con nosotros. No existen garantías de que los modelos sencillos vayan a ser exactos o incluso útiles.

Compensación de modelos unidimensionales y tridimensionales

Los modelos de la atmósfera pueden formularse en tres dimensiones espaciales: arriba y abajo (verticalmente), al norte y al sur (meridianamente, es decir, a lo largo de un meridiano de longitud), y al este y al oeste (es decir, a lo largo de un paralelo de latitud). Normalmente, las variaciones más dramáticas, en parámetros tales como temperatura, presión, índice de calentamiento, concentración de partículas, etc., se producen en la dirección vertical. (El aire es mucho más tenue a tan sólo 20 km de altitud que en ningún otro lugar de la superficie de la Tierra.) Según esto, muchos análisis de los fenómenos que se hallan muy atendidos geográficamente (por ejemplo, la disminución del ozono estratosférico, los efectos de los aerosoles volcánicos sobre la radiación global), quedan incluidos cuando se emplean modelos unidimensionales (1 -D) orientados verticalmente. Por otra parte, Para describir los vientos, la precipitación, y el tiempo en general, también son obviamente importantes las variaciones horizontales (de un lugar a otro), y los modelos tridimensionales (3-D), que toman en consideración las tres direcciones espaciales, son los que se emplean en estos casos. Los modelos unidimensionales son, por lo general, mucho más sencillos de aplicar, y sus

resultados más fáciles de interpretar. Por lo tanto, tienen una aceptación generalizada para definir los conceptos y teorías básicos, y para explorar la sensibilidad de los efectos predichos respecto de unos parámetros físicos desconocidos. De manera ideal, para ser prácticos, todos los modelos deberían incluir los efectos de los movimientos tridimensionales y, algún día, los modelos 3-D —tal vez en una o dos décadas— llegarán a sustituir a los modelos 1 -D como herramienta para la exploración rutinaria de los análisis científicos.

A veces se cree que, si un modelo empleado para describir un fenómeno, se representa en más dimensiones espaciales, en ese caso precisa de una mayor sofisticación que sus modelos hermanos de menos dimensiones. Sin embargo, la sofisticación con mucha frecuencia se basa más en los detalles de la física subyacente tratada en el modelo, que sólo en la dimensionalidad. Por ejemplo, al describir las propiedades radiactivas de los gases y partículas atmosféricos, se necesita calcular con precisión cierto número de parámetros relativos a la transferencia de la radiación a través de la atmósfera, incluyendo los tamaños y composición de los aerosoles. Para hacer frente de manera adecuada a este último problema, habría que tratar en detalle la física de las partículas de los aerosoles, incluyendo los efectos de su asentamiento a causa de la gravedad, la coagulación de las partículas por los movimientos brownianos (térmicos al azar), crecimiento y evaporación de los aerosoles y su disipación por medio de las nubes y la precipitación. En el trabajo original TTAPS unidimensional, y en muchos estudios 1-D posteriores, los detalles de la física de los aerosoles y de las propiedades radiactivas se calcularon con detalles atormentadores, para explorar las sensibilidades e incógnitas inherentes al modelado del humo. En los trabajos 3-D, que se llevaron a cabo posteriormente para mejorar el estudio TTAPS, se dieron por supuestas muchas simplificaciones en lo referente a las partículas. De vez en cuando, los modelistas 3-D han dado por supuesto que las partículas son del mismo tamaño; que no absorben la radiación infrarroja; que son uniformes en su composición; que el polvo y el humo presentan unas propiedades radiactivas similares, que los tamaños de las partículas no varían con el tiempo; que las partículas no poseen masa y que no caen; que se ven por comple eliminadas del aire por las nubes. Debido a numerosos proble mas, tales hipótesis deberían restringirse más, para no tratar los

aerosoles como si sólo variasen en la (esencial) dirección vertical. Los modeladores 3-D han intentado corregir muchas de esas aproximaciones, hasta donde se lo han permitido sus ordenadores, pero incluso hoy no han resuelto aún todas las ambigüedades de unas aproximaciones tan simplistas.

La Naturaleza no puede duplicarse de modo perfecto en un ordenador. Los modelos se usan para explorar fenómenos básicos, para comprender mejor cómo funciona el mundo, y para predecir cómo puede alterarse el medio ambiente en el futuro. Los modelos unidimensionales resultan muy adecuados para tratar ciertos aspectos de la física para los que no se hallan muy bien preparados los modelos tridimensionales; así, los modelos 1-D son ideales para explorar los efectos de los aerosoles en el cómputo de la radiación y el clima, mientras que los modelos 3-D son ideales para definirlos impactos geográficos y estacionales de los cambios de la radiación. Los modelos 1-D sólo tienen en cuenta el movimiento vertical y la variación vertical de los aerosoles, y, por lo tanto, deben emplear hipótesis adicionales acerca del transporte horizontal. Los modelos 3-D no resuelven de modo pleno las propiedades de los aerosoles y, por ende, deben emplear hipótesis simplistas en lo que se refiere a la microfísica de las partículas.

¿Y cuáles son las mayores deficiencias? En realidad, los dos enfoques resultan complementarios. Cada uno ayuda al otro. Ambos tipos de modelos predicen, en lo esencial, las mismas temperaturas superficiales, cuando se tiene cuidado en emplear en los modelos las mismas condiciones de partida y los mismos parámetros físicos. Y ambas clases de modelos llegan, básicamente, a la misma conclusión en lo que respecta al invierno nuclear: con las masivas inyecciones de humo provocadas por una guerra nuclear, las superficies terrestres de la Tierra se enfriarán según un índice medio, y en una extensión sin precedentes en la historia de los humanos.

Nos dedicaremos ahora a describir algunos de los elementos clave de los «modelos» del medio ambiente de la Tierra empleados para comprender el tiempo y el clima y, por lo tanto, el invierno nuclear.

Luz visible e infrarroja

Para comprender el clima, primero debemos reconocer que existen diferentes clases de luz. Toda luz puede considerarse como unas ondas, que comprenden crestas y depresiones, lo mismo que las olas en el océano. Pero la luz no necesita un material, o medio, como el agua, por el que viajar. La luz se propaga a través del vacío. La distancia de cresta a cresta (o depresión a depresión), se llama longitud de onda. La clase de luz que nuestros ojos detectan se llama, de una manera bastante razonable, luz visible, que también resulta ser la clase de luz solar para la que es mayor la intensidad del Sol. Nosotros y nuestros ojos hemos evolucionado para utilizar la luz solar. La combinación ojo-cerebro humano percibe la longitud de onda de la luz visible como un color. En esto consiste el color. Por lo general, la longitud de onda se mide en mieras; 1 micra (abreviatura de micrómetro) equivale a la millonésima parte de un metro. Un microbio que mida una miera de longitud es demasiado pequeño para poderlo ver con el ojo desnudo. Las longitudes de onda de la luz visible son un poco más pequeñas que una miera, pero la mayoría de nosotros no tenemos la menor dificultad para detectar el color. La luz roja posee una longitud de onda de casi 0,7 mieras, y la luz violeta un poco más de 0,4 mieras. Todos los demás colores del arco iris se hallan incluidos en unas longitudes de onda intermedias.

Pero el Sol emite mucho más que luz visible. Existe luz a longitudes de onda mucho más cortas que el violeta (menos de 0,4 mieras de longitud de onda): a esto se le llama ultravioleta. También emite luz con longitudes de onda mayores que el rojo (más de 0,7 mieras de longitud de onda): a esto se le llama infrarrojo. El ojo humano no puede detectar ni la luz ultraviole a ni la infrarroja (también denominadas radiaciones ultravioleta infrarroja), pero esto no constituye más que una deficiencia en diseño de los seres humanos. Se trata de unas clases de luz legítimas como el azul o el amarillo.

Cada objeto del universo emite radiación; cuanto más caliente sea, más corta es la longitud de onda en la zona visible, y en el cuasiinfrarrojo(del a 5 micras). La Tierra, que es mucho mas fría que el Sol, emite sobre todo en longitudes de onda infrarrojas más largas (entre 5 y 20 mieras). A esto se le llama a menudo calor

o radiación térmica, porque se trata de las longitudes de onda emitidas por los objetos calientes en nuestra vida de todos los días. (Pero., realmente, todas las longitudes de onda de la luz pueden ser de radiación térmica o calorífica, que corresponde a ja temperatura del cuerpo que las emite.) Por lo tanto, la Tierra se calienta, sobre todo, a través de la luz visible del sol, y se enfría, principalmente, al emitir hacia el espacio radiación infrarroja térmica o de gran longitud de onda.

¿Cómo funciona el sistema climático?

El clima de la Tierra es un sistema, una gran máquina, cuya producción depende de la interrelación entre la luz solar, la atmósfera, las zonas terrestres, los océanos e incluso las formas de vida de nuestro planeta. Los principales factores determinantes son:

1) El equilibrio entre la luz solar visible (y la cuasinfrarroja) que caldea la Tierra en su hemisferio expuesto a la luz del día, y la radiación infrarroja o calorífica emitida hacia el espacio por todo el planeta, que ejerce la función de enfriar la Tierra.

2) Las reservas de calor de la Tierra, principalmente los océanos, y

3) El caldeamiento adicional originado por el efecto invernadero sobre la atmósfera de la Tierra.

El Sol es la fuente de energía que rige nuestro sistema climático. Nuestro mundo recibe, de manera ininterrumpida, 100.000 billones de vatios de potencia procedentes del Sol (*), que es 10.000 veces mayor que toda la potencia generada por nuestra civilización global. De toda la energía del Sol interceptada por la Tierra, un 33% resulta reflejada al espacio por las nubes,

(*) La unidad de potencia, el vatio, representa el índice de producción o uso de energía; es decir, la energía por unidad de tiempo. Una típica bombilla casera de incandescencia suele emplear, más o menos, alrededor de los 100 vatios de potencia. Irradia luz visible (y radiación infrarroja térmica, que percibimos como calor), a causa de las elevadas temperaturas que alcanza el filamento de tungsteno debido a la electricidad que lo atraviesa. Un atizador de chimenea al rojo brilla porque está caliente. Lo mismo le pasa al filamento de la bombilla. Y lo mismo le ocurre también al Sol

las moléculas de aire y el suelo (sobre todo por los brillantes desiertos y las superficies con nieve o heladas). El resto de la energía (aproximadamente un 67%) es absorbido, o bien por la atmósfera (un 22%) o por el suelo (45%). En la figura 8 se dan unos porcentajes ligeramente diferentes, debido a la variación temporal y a la falta de certeza que tenemos respecto del conocimiento de esas cantidades. La luz solar visible se convierte en calor tan pronto como es absorbida.

Cuando usted se expone al Sol y siente su calidez en el rostro no hace otra cosa que convertir la luz solar en calor; está irradiando energía en el espectro infrarrojo (invisible para usted) hacia el espacio; no hace más que participar en el sistema climático. Se ha convertido en un pequeño engranaje del gran motor del clima.

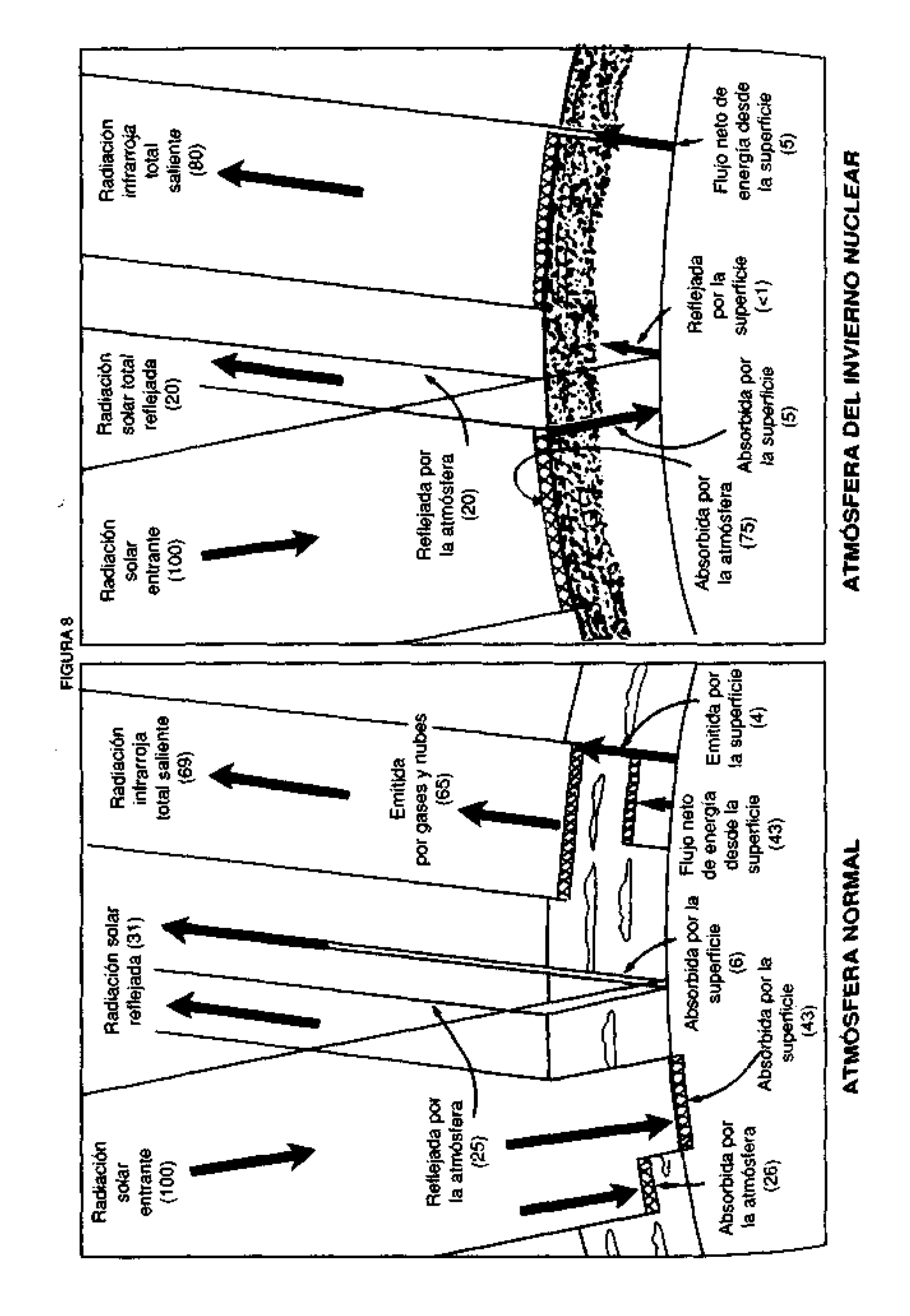
En último término, el calor debe guardarse en algún lugar de la Tierra o escapar hacia el espacio. Si el calor no se perdiera, la temperatura ascendería hasta unos niveles intolerables en sólo unas cuantas semanas o meses. Por suerte, la atmósfera y la superficie logran desembarazarse del exceso al irradiarlo al espacio. Luego, con gran rapidez, la luz solar que entra y la radiación calorífica que sale llegan a un punto de equilibrio, en cierta temperatura dictada por las relativamente simples leyes de la física.

Cada objeto, incluso el aire que le rodea, irradia energía en forma de calor. *Usted* mismo no deja de hacer otra cosa. (Éste es el principio en que se basan algunos sistemas de «visión nocturna». La emisión térmica infrarroja de un intruso —escondido en la oscuridad a nuestra visión ordinaria— se detecta de este modo.) Cuando más caliente esté el objeto, más energía emitirá. *(Por* ejemplo, un intruso que tenga fiebre será más fácil de detectar.) La llama de un fuego está muy caliente (unos 1.500 °C) y su emisión calorífica es muy fácilmente detectable sin ayuda de instrumentos científicos. El ritmo en que un objeto emite energía es proporcional a la temperatura absoluta, *T,* del objeto elevada a la cuarta potencia (es decir, *V).* De este modo, si la temperatura absoluta del objeto se duplica, su emisión térmica no será solo el doble, sino 2 x 2 x 2 x 2 , o sea 16 veces mayor.

Ahora podemos ver cómo el clima de la Tierra alcanza un equilibrio respecto del Sol. A medida que la luz solar es absorbida, la Tierra (y su atmósfera) se caldea. Pero, a medida que la temperatura sube, la proporción de la emisión calorífica hacia el

espacio aumenta con rapidez, hasta que el índice de pérdida de energía térmica se iguala con el índice de ganancia de energía procedente de la luz solar. En este punto la temperatura permanece estable e inmutable: se ha alcanzado un equilibrio entre lo que entra y lo que sale. Una vez se establece este equilibrio energético, se mantiene de manera muy fija durante mucho tiempo, aunque los índices de calentamiento y enfriamiento fluctúen sobre sus valores medios. Sin embargo, un cambio sostenido, hacia arriba o hacia abajo, tanto en la entrada de energía como en la salida de dicha energía, lleva a un cambio climático. Si el cambio llega muy lejos en una direción, puede establecerse un nuevo estadio climático; por ejemplo, un enfriamiento que perdure durante centenares de años desencadenará una era glacial que perdurará durante miles de años. En la dirección opuesta, un caldeamiento sostenido, bajo ciertas circunstancias que son muy improbables para la Tierra, llevará a un continuado efecto invernadero, que caliente las temperaturas superficiales hasta el punto de ebullición, como ocurrió en Venus ya en los primeros años de su historia.

La respuesta del sistema climático puede, al mismo tiempo, ser rápida o lenta. Consideremos cómo las temperaturas varían en ambos lados de una temperatura media a largo plazo. El mejor ejemplo de cambio en las temperaturas a corto plazo es el ciclo de día (o diurno) en las temperaturas superficiales. La variación de la temperatura diurna es particularmente pronunciada en las regiones áridas desiertas donde, durante la noche, las temperaturas descienden en 30 °C o más respecto de las temperaturas más altas del día, sólo para aumentar de nuevo con la reaparición del sol mañanero. Los cambios extremados en la temperatura estacional —desde unos tórridos veranos a unos gélidos inviernos— se originan casi por completo a causa de la inclinación del eje de rotación de la Tierra (medido en relación al plano en que pra alrededor del Sol). Las estaciones no tienen nada que ver con la proximidad o alejamiento de la Tierra respecto del Sol, en su órbita anual. Nuestro hemisferio de la Tierra —ya sea que vivamos en el hemisferio Norte o en el Sur— apunta hacia el Sol en verano y se aleja del Sol en invierno, a causa de que el eje de rotación de la Tierra permanece fijo en el espacio mientras el planeta realiza su viaje anual en torno del Sol. De una forma muy aproximada, el eje apunta siempre hacia la misma región del firmamento, y ésta es la razón de que la Estrella Polar se


FIGURA 8
Radiación solar entrante (100)
Reflejada por la atmósfera (25)
Radiación solar reflejada (31)
Absorbida por la atmósfera (26)
Absorbida por la superficie (43)
Absorbida por la superficie (6)
Flujo neto de energía desde la superficie (43)
Emitida por gases y nubes (65)
Radiación infrarroja total saliente (69)
Emitida por la superficie (4)
ATMÓSFERA NORMAL
Radiación solar entrante (100)
Reflejada por la atmósfera (20)
Radiación solar total reflejada (20)
Absorbida por la atmósfera (75)
Absorbida por la superficie (5)
Reflejada por la superficie (<1)
Radiación infrarroja total saliente (80)
Flujo neto de energía desde la superficie (5)
ATMÓSFERA DEL INVIERNO NUCLEAR

El presupuesto energético de la atmósfera normal, a la izquierda, contrastado con el presupuesto de energía después de una guerra nuclear, a la derecha. El grosor de los rayos de radiación en los que hay flechas son, más o menos, proporcionales a los flujos de energía, es decir, a la cantidad de energía absorbida o emitida por un área dada en en período dado de tiempo. Se deben medir esos flujos en, por ejemplo, el número de vatios recibidos o emitidos por centímetro cuadrado de la superficie de la Tierra. Por simplicidad, hemos medido los flujos de energía en unidades arbitrarias, por lo que 100 de esas unidades describen cuánta luz solar cae sobre un área dada en la parte superior de la atmósfera de la Tierra (por ejemplo, un centímetro cuadrado) en un período de tiempo dado (por ejemplo, un segundo). En la atmósfera normal parte de la radiación solar que entra es reflejada de nuevo hacia el espacio por las nubes y por la atmósfera, y un buen porcentaje de la misma llega a la superficie de la Tierra, donde, sobre todo, es absorbida y calienta el suelo. En ese caso, la atmósfera, y la superficie logran un equilibrio energético al emitir radiación infrarroja otra vez hacia el espacio. Pero, al día siguiente de una guerra nuclear, puede generarse un palio casi opaco de humo y polvo que impediría que la mayor parte de la luz solar alcanzase la superficie. En vez de ello, sería absorbida sobre todo por el humo y se reflejaría de vuelta hacia el espacio a través del polvo. La parte superior de la nube de humo estaría mucho más caliente de como ocurre de ordinario en esa región de la atmósfera, y la superficie de la Tierra estaría mucho más fría. En ambos bosquejos, la expresión «reflejada por la atmósfera» comprende tanto los efectos de las nubes como las moléculas y partículas en el aire.

encuentre siempre por encima del polo Norte. Las estaciones ilustran cómo el clima global cambia de una manera dramática durante períodos tan breves como semanas o meses, impulsado por los relativamente pequeños cambios en la cantidad de luz solar recibida. En las regiones tropicales, el flujo solar que se recibe es menos variable con relación a la estación que en las demás latitudes, y las variaciones en el clima estacional son, correspondientemente, menores. En las latitudes polares, donde las variaciones estacionales de la luz solar son mucho más extremadas —desde un Sol de medianoche en verano a una noche invernal que dura meses—, la respuesta climática es, correspondientemente menor, en las latitudes polares, donde las variaciones estacionales de la luz solar son mucho más extremadas desde un Sol de medianoche en verano a una noche invernal que dura meses—, la respuesta climática es, correspondientemente, de tipo máximo.

En escalas de tiempo mucho más largas, resulta que fluctuaciones de sólo un pequeño porcentaje en la cantidad de luz solar recibida —en asociación con pequeñas variaciones en la órbita de la Tierra alrededor del Sol y en el ángulo de inclinación de su eje de rotación— son ya suficientes para iniciar unas eras glaciales. (Durante períodos de tiempo de 10.000 años, el eje terrestre no apuntó siempre hacia el Polo Norte.) Aunque los períodos entre

las eras glaciales se corresponden muy bien con los períodos de tales cambios en la órbita y en el eje de la Tierra, la cantidad de cambio climático resultante es más del que podemos estimar Los mecanismos específicos que amplifican esos pequeños cambios en las órbitas e inclinaciones con amplias fluctuaciones en el clima global, es algo que aún nos es desconocido. Existe alguna maquinaria esencial encajada en el sistema mundial del clima que todavía se nos escapa. Su existencia es para nosotros una advertencia, algo que nos sugiere que la respuesta climática a un cambio dado en la intensidad de la luz solar recibida por la superficie de la Tierra, en ciertas circunstancias, llegaría a ser mucho mayor que la que calculamos.

Depósitos de calor: el volante climático

No toda la luz solar absorbida por la Tierra se convierte, instantáneamente, en energía térmica y es irradiada otra vez al espacio. Parte de ésta se guarda durante un tiempo en los depósitos de calor de la Tierra: el aire, los continentes y, en particular, los océanos. La atmósfera no constituye una reserva sustancial de calor porque es muy tenue y, en comparación con las zonas terrestres o marinas, posee una masa liviana (sólo 5.000 billones de toneladas). La zona terrestre, que es mucho más masiva, al mismo tiempo constituye un depósito ineficiente de calor, porque los suelos y las rocas son muy malos conductores del calor.

Pero el agua es un excelente conductor del calor. (Recuérdese con cuánta rapidez las personas se congelan hasta morir en los mares árticos y antarticos.) Los océanos de la Tierra son 300 *veces* más masivos que la atmósfera. Sus capas superficiales se hallan muy bien mezcladas con ayuda de los vientos hasta una profundidad de 100 metros (la longitud de un campo de fútbol), lo cual acelera grandemente el transporte del calor a través de esas capas. Las aguas superficiales del océano mundial almacenan una cantidad de calor que, aproximadamente, equivale al valor de veinte años de entrada de energía solar. Por ello, los océanos de la Tierra desempeñan el papel de una *fuente* de calor secundaría climática durante los períodos en los que las fuentes primarias (especialmente la luz directa del sol) se reducen por una razón dada. Los océanos proporcionan asimismo un *pozo*

negro de calor cuando las fuentes primarias caloríficas, por cualquier razón, son más intensas. Ese influjo de los océanos se representa en escalas de tiempo que van desde meses a décadas. La transferencia de energía desde los océanos a la atmósfera se produce de una manera eficiente a través de la evaporación y recondensación del agua.

El papel de los océanos en el sistema climático es similar al de un volante en el motor de explosión de un automóvil. La inercia de un volante másico atenúa las fluctuaciones en las fuerzas mecánicas impuestas en el cigüeñal, y de este modo proporcionan un momento de giro uniforme y seguro al impulso de la dirección. De modo parecido, la inercia térmica de los océanos —difíciles de calentar y también difíciles de enfriar— suaviza las variaciones en el equilibrio energético radiactivo de la Tierra (luz solar y emisión de calor hacia el espacio), con lo que proporciona un clima global uniforme y perdurable. Hasta alcanzar un punto determinado.

Los efectos invernadero y antiinvernadero

El efecto invernadero consigue hacer habitable nuestro planeta. La causa básica del efecto invernadero radica en el hecho de que la atmósfera es casi transparente a la luz visible (excepto en ciudades cubiertas por la niebla cuales son Los Angeles o Ciudad de México), pero, al mismo tiempo, resulta parcialmente opaca a la radiación térmica infrarroja de longitudes de onda largas (o calor). La radiación solar, tal y como hemos dicho, cae sobre todo en dos intervalos del espectro: el visible y el cuasiinfrarrojo. (Desdeñamos la contribución más pequeña en el ultravioleta, que resulta medioambientalmente importante con la disminución del ozono pero no para el recalentamiento invernadero.) La cantidad total de energía irradiada al espacio por el Sol se halla dividida en partes casi iguales entre la radiación visible y la cuasiinfrarroja. En la atmósfera, los gases son transparentes casi por completo a la radiación visible, lo cual es la causa de que, en un día claro, veamos unas montañas que se encuentran a 100 o 200 km de distancia. Pero en el aire hay algo más que gases. Las nubes reflejan hacia el espacio el 50% o más de la luz solar incidente. La atmósfera y las nubes unidas llegan a absorber el 50% o más de la radiación solar incidente

cuasiinfrarroja. Sin embargo, *la mayor parte* de la energía del espectro solar que no es reflejada de nuevo hacia el espacio alcanza la superficie de la Tierra y se convierte allí en calor.

La atmósfera contiene cantidades menores (un 1% y u$_n$ 0,03 %, respectivamente) de vapor de agua (H_20) y dióxido de carbono ($C0_2$), que son unos fuertes absorbentes de la radiación térmica infrarroja. A medida que la caldeada superficie de la Tierra irradia radiación infrarroja hacia arriba, la atmósfera que está por encima absorbe una parte de la radiación, la retiene e impide de este modo que el calor se escape directamente hacia el espacio. Parte de dicho calor es reirradiado por la atmósfera en la dirección en que iba, es decir, hacia el espacio. Pero una parte de lo irradiado vuelve a la superficie. El resultado es que, para una misma cantidad de energía solar, la superficie se caldea más de lo que ocurriría en un mundo terrestre sin aire. Resulta bastante sencillo calcular que, de no haber H_20 o $C0_2$ en la atmósfera (aunque con los mismos constituyentes principales, nitrógeno [N_2] y oxígeno [0_2], los océanos serían de sólido hielo y la Tierra nada más que un planeta congelado sin vida.

Una analogía con el efecto invernadero es la forma en que una manta le mantiene a uno caliente en una estancia sin calefacción en una fría noche invernal. En este caso, la fuente de energía es el propio calor corporal, generado metabólicamente. La manta, simplemente, impide que el calor del cuerpo se escape hacia la habitación; en lugar de ello, permite que el calor se acumule en el espacio entre usted y la manta. La atmósfera de la Tierra es también una manta, pero confeccionada con gas. Tanto el calor corporal como la calidez de la superficie terrestre se alimentan gracias a la luz solar. Nosotros empleamos los alimentos como un intermediario conveniente para almacenar energía procedente de la luz solar, mientras que la Tierra es calentada de una forma más directa por la luz solar, aunque almacena la mayor parte del calor en los océanos.

El efecto invernadero no altera el balance total de energía de la Tierra. El flujo de energía solar absorbida sigue estando exactamente equilibrado por la radiación infrarroja *o térmica* emitida al espacio, con o sin efecto invernadero. Sin embargo, con la presencia del efecto invernadero, la emisión hacia el espacio se produce, en parte, a partir de un sistema más cálido atmósfera/superficie, pero también ahora, en parte, a través de las capas más frías del aire situado en las zonas superiores de la.

atmósfera y que son opacas al infrarrojo. El sistema climático sabe cómo ajustarse con tanta rapidez que se mantiene el balance de energía total.

El efecto invernadero resulta de importancia fundamental para nuestro bienestar. Sin el apresamiento de calor por parte de la manta de H_20 y $C0_2$, la temperatura media superficial de la Tierra sería unos 35 °C más fría; tal y como hemos dicho, muy por debajo del punto de congelación del agua del mar. Por otra parte, en caso de que hubiera demasiado efecto invernadero, la Tierra sería un miserable y bochornoso horno. Existe muy poco dióxido de carbono en la atmósfera terrestre; el doblarlo o triplicarlo (con lo que la abundancia de $C0_2$ aún continuaría inferior al 1 %), sería probablemente suficiente para producir unas consecuencias en extremo nefastas a través de los trastornos en la agricultura y en los ecosistemas, además de la subida del nivel del mar.

Somos los beneficiarios del efecto invernadero. Debemos nuestras vidas y nuestro bienestar al delicado equilibrio de unos gases invisibles, que se ha establecido sin ningún esfuerzo o comprensión por nuestra parte. Ahora que lo comprendemos, este frágil y providencial equilibrio debería requerir por nuestra parte prudencia y humildad: prudencia para no juguetear con este motor tan finamente ajustado, y humildad frente a las carencias de nuestros conocimientos.

El efecto invernadero puede acentuarse por medio de los incrementos en la abundancia de $C0_2$ y H_20, a través de la adición de otros gases, tales como el metano o los clorofluorocarbonos (que, aparte de su maléfica influencia, también atacan la capa de ozono), y por los cambios en la cubierta de nubes de la Tierra. Si aumenta la cantidad de los gases del efecto invernadero, la atmósfera y la superficie tenderán a caldearse. Pero el papel de las nubes en el efecto invernadero es complejo y aún no se comprende en su totalidad. Dependiendo de la densidad y de la altura de las nubes, actuarán caldeando o enfriando la superficie que tienen debajo, aunque los estudios por medio de los satélites sugieren la clara influencia de las nubes y del vapor de agua que las alimenta, en lo que se refiere a un ulterior calentamiento de la Tierra.

El efecto invernadero quedará cortocircuitado si la luz solar se bloquea o atenúa en la atmósfera superior mientras que la emisión térmica infrarroja hacia el espacio de la atmósfera inferior y de la superficie permanece inafectada. A esto es lo que

llamamos «efecto antiinvernadero». Fue por vez primera definido de una forma explícita y calculado por nosotros y nuestros colegas del TTAPS en el desarrollo de la teoría del invierno nuclear [aunque Fred Hoyle y Chandra Wickramasinghe han sido, al parecer, los primeros en describir un efecto similar (debido al polvo cometario y no al humo urbano); véase recuadro «Invierno de impacto», capítulo V]. El humo absorbe la luz solar antes de que pueda llegar al suelo, por lo que existe muy poca iluminación superficial y la misma superficie quedará pobremente caldeada; por lo tanto, existe una cantidad menor de calor que quede atrapada debajo de la manta del invernadero atmosférico. Si, además, el humo (opaco alaluz visible) es transparente a la emisión térmica infrarroja de la Tierra, con lo que la superficie se enfría más por sí misma al irradiar al espacio una cantidad igual que cuando no había humo. Bajo esas circunstancias, las temperaturas superficiales descenderían de una manera drástica.

La situación real de la atmósfera es más complicada, y deben realizarse cálculos muy ajustados para estudiar los efectos invernadero y antiinvernadero. Los resultados de tales cálculos se hallan en un acuerdo sustancial con las implicaciones de los modelos conceptuales ya discutidos. Sin embargo, con unos cálculos más detallados habría que tener en cuenta de manera explícita las superficies terrestres en relación con las marinas, la composición química del aire, las propiedades espectrales de los diversos gases atmosféricos, la reflexión y la absorción de la radiación por las nubes, la desigual distribución del caldeamiento solar por el Globo, etcétera. El hecho de haber realizado unos cálculos detallados y mutuamente consistentes acerca de los efectos invernadero y antiinvernadero, aumenta en extremo nuestra confianza en los modelos conceptuales. Los mismos conceptos, aplicados a la atmósfera terrestre y a la de otros planetas, proporcionan predicciones que se hallan en un acuerdo excelente con lo que hemos descubierto hasta ahora.

La influencia del humo y del polvo: el invierno nuclear

Los efectos climáticos globales de las colisiones cometarias o de asteroides con la Tierra, las explosiones volcánicas, los grandes incendios y la guerra nuclear se expresan todos ellos a través de

la acción de pequeñas partículas atmosféricas —llamadas aerosoles— sobre el equilibrio de la energía radiactiva. Las partículas en la atmósfera afectan al balance de radiación de la Tierra de varias maneras: al reflejar la luz solar otra vez de vuelta al espacio, al absorber la luz solar y calentar el aire y por la absorción y emisión de radiación térmica infrarroja. En general, una nube de finas partículas tiende a calentar el aire que la rodea al interceptar y absorber la luz solar, pero puede caldear o enfriar la superficie que hay debajo, lo cual depende de si las partículas absorben la radiación infrarroja con más rapidez de como absorbe y dispersa la radiación solar. Generalmente hablando, los aerosoles, que son fuertes absorbentes infrarrojos, pueden llegar a producir un efecto invernadero adicional, dado que no son en absoluto altamente reflectantes.

El efecto antiinvernadero de un aerosol se maximiza gracias a las partículas que son altamente absorbentes de las longitudes de onda visible y en extremo transparentes a las longitudes de onda infrarrojas térmicas. Así, la luz solar es inefectiva para calentar la superficie, pero la superficie puede aún enfriarse por sí misma con rapidez al emitir energía directamente al espacio. Mucha menos luz solar alcanza la superficie cuando un aerosol está formado por partículas negras, como el hollín, que es un *absorbente* eficiente de la luz visible, que cuando está constituida por partículas brillantes, como polvo del suelo (formado sobre todo por silicatos), que, ante todo, *dispersa* la luz visible. El hollín, producido copiosamente en los grandes incendios, en particular los de los combustibles corrientes, como el petróleo, no es sólo un fuerte absorbente de la luz solar; es asimismo un relativamente pobre absorbente de la radiación térmica infrarroja. Ésta es la razón de que el hollín sea un aerosol ideal para crear un poderoso efecto antiinvernadero. De forma sorprendente, pequeños espesores de hollín (una capa, de por ejemplo, unas cuanta mieras, o una diezmillonésima de pulgada de grosor), podrían, de hallarse distribuidos en el aire sobre áreas extensas, hacer desaparecer la mayor parte del efecto invernadero, gracias al cual nuestro planeta se halla confortablemente por encima del punto de congelación, y al que debemos nuestras vidas.

El grado en que un aerosol enfriará la superficie (al bloquear la luz solar) o calentar la superficie (al subrayar el efecto invernadero), también depende del tamaño de las partículas. Resulta asimismo que unas partículas muy finas —con tamaños inferio-

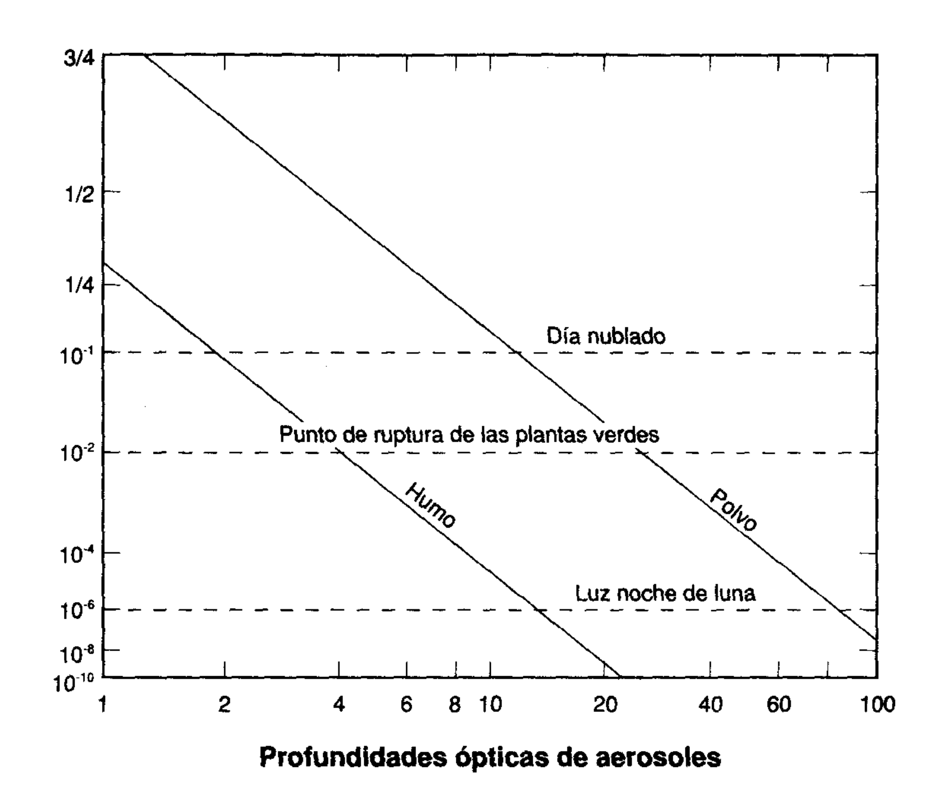
res a una micra— son mejores para enfriar la superficie. Uno de los ejemplos más comunes de este tamaño tan pequeño es el del humo de un cigarrillo, que a veces aparece azul a causa de que las partículas muy pequeñas de humo (al igual que las partículas de aire que hacen que el cielo sea azul) son mucho más eficientes para dispersar la luz azul que la de cualquier otro color (y la luz visible mucho más que la radiación infrarroja). Las partículas de hollín de los incendios en todo su apogeo pueden ser tan pequeñas como las partículas del humo de un cigarrillo, pero resultan mucho menos absorbentes, lo cual es la razón de que el hollín sea tan eficiente para que desaparezca el efecto invernadero.

La influencia de las capas de aerosoles sobre el equilibrio energético también depende del grosor y la densidad de la capa. El efecto combinado de todos esos factores puede expresarse, para un tipo dado de aerosol, en términos de un solo número, la profundidad óptica de la capa de aerosoles. Como ya hemos mencionado, para materiales tales como el polvo o el humo del cigarrillo, que absorbe muy poca luz visible, las profundidades ópticas de interés se refiere a la difusión; para materias como el hollín, que tiene un gran poder de absorción, empleamos profundidades ópticas de absorción (ref. 7.9). Esta distinción se desarrolla más adelante en la discusión siguiente y en la figura 9.

Si un rayo de luz brilla sobre una capa de aerosoles, cuanto más finas sean las partículas que encuentre en su trayectoria, menos luz conseguirá emerger del fondo de la capa. Asimismo, cuanto más *absorbentes* son las partículas, menos luz pasa a través de las mismas. La dispersión no reduce la cantidad total de energía en el rayo (como lo hace la absorción); simplemente, redirige la energía: parte de la misma continúa hacia delante y otra es reflejada hacia atrás. Tal es la razón por la que, para la misma profundidad óptica, la dispersión es mucho menos efectiva que la absorción para reducir la intensidad del rayo. Cuánta luz habrá desaparecido después de pasar a través de la capa también dependerá de lo grandes que sean las partículas. La profundidad óptica mide la efectividad total de un aerosol para reducir —*a* través de la absorción o la dispersión, o de ambas cosas- la intensidad de radiación que atraviesa el aerosol (véase ref. 7.9). La profundidad óptica varía también con la longitud de onda de la radiación, y por lo general se especifica como una referencia a la longitud de onda correspondiente al color verde medio. La profundidad de absorción óptica del humo es un indicador

FIGURA 9

Transmisión de la luz del Sol



100

Cuánta luz penetre a través de una neblina de aerosol, o nube de humo o polvo, depende de la profundidad óptica de la capa de finas partículas (ref. 7.9). Para una profundidad óptica 1, la mayor parte de la luz penetra a través de la nube de humo absorbente más oscuras (que aquí no es tan negra como el puro hollín). A una profundidad óptica 2, la luz que atraviesa una nube de hollín es como máximo la de un día malo, nublado, en la atmósfera normal. A una profundidad óptica de 5 a causa del humo, penetra tan poca luz que las plantas verdes apenas pueden recoger la suficiente luz solar para que la fotosíntesis siga el ritmo del metabolismo de la planta. A una absorción óptica mayor que 5, la fotosíntesis llega a detenerse. A una profundidad óptica de, aproximadamente 12 Para nubes de humo, estará tan oscuro al mediodía como lo estaría a medianoche en una noche clara de luna llena en la atmósfera normal. Para alcanzar la misma oscuridad en Pleno mediodía, a base de polvo se debería llegar a profundidades ópticas tan grandes como 80. Resulta claro que las profundidades ópticas del humo superiores a 1 pueden Resultar muy peligrosas si se distribuyen por amplias zonas de la Tierra. En los cálculos de la ilustración, la profundidad de absorción óptica (por el humo), la damos con el Sol por encima de nuestras cabezas, pero la profundidad óptica de dispersión (para el polvo) corresponde al Sol a unos 35 sobre el horizonte. Una transmisión de la luz de 10 es de 0,01 o 1 % de la luz solar que llega la parte superior de la atmósfera; 10 es 0,0001, o una diezmilésima; 10 equivale a una millonésima, etc.

conveniente del potencial respecto del humo para afectar el clima, y lo empleamos en este libro.

La influencia del humo absorbente —o dispersor de las partículas de polvo del suelo— sobre la transmisión de la luz solar para un intervalo de profundidades ópticas, se ilustra en la figura 9. Con profundidades ópticas de absorción o de dispersión mucho menores que 1, las perturbaciones radiactivas resultantes son menores y sólo cabe esperar efectos climáticos pequeños Para profundidades de absorción más cercanas o superiores a 1 el equilibrio de energía radiactiva resultante se ve altamente perturbado, dado que la mayor parte de la radiación solar quedaría absorbida en la atmósfera. Para aerosoles que principalmente dispersan, más que absorben, la luz solar, las profundidades ópticas superiores a 5 se cree que originan un trastorno similar. En cualquier caso —fuerte absorción o fuerte dispersión—, el clima variaría con rapidez hacia unas formas sin precedentes. Pueden ver en la figura 9 con cuánta velocidad se produce la oscuridad cuando las profundidades ópticas del humo aumentan un poco. Al igual que la escala de Richter para los terremotos, la profundidad óptica tiene escala logarítmica; cuando las profundidades ópticas aumentan aritméticamente, la disminución de la luz solar lo hace geométricamente. Si se dobla la profundidad de absorción óptica, cuando ya es superior a 1, se produce algo peor que reducir a la mitad la cantidad de luz solar que atraviesa la atmósfera de la Tierra.

El principio y duración de los efectos climáticos depende del tiempo en que los aerosoles permanezcan en el aire. Cuanto más rápidamente sean eliminadas las partículas, más breves y menos extremados serán los efectos climáticos; cuanto más persistentes sean los aerosoles, más prolongadas y más extensas serán las anomalías climáticas. Las experiencias con incendios forestales a gran escala, erupciones volcánicas y tormentas de polvo -y simulacros con sofisticados modelos de aerosoles atmosféricos— sugieren que, tras una guerra nuclear, grandes cantidades e aerosoles de hollín quedarían suspendidas en la atmósfera superio por espacio de varios meses a varios años. Existe aquí una espe de efecto de «tirar por los cordones de las botas» al que llamaremos «autoascensión». Las partículas pequeñas de hollín negro, a elevadas altitudes absorben la luz solar y se calientan; a su vez, su elevada temperatura caldea el aire que las rodea, que asciende y lleva a las partículas suspendidas a unas altitudes aún más elevadas, tendiendo

a impedir que caigan o sean transportadas por el aire hacia la superficie. Esto amplía el tiempo de vida del hollín atmosférico y ayuda a la creación de una capa estable de hollín a una escala mundial. La luz solar dispersa el hollín y éste bloquea la luz del Sol.

Dado que las temperaturas superficiales del océano requieren varios años para responder a los cambios en el equilibrio energético, sólo cabe esperar unas variaciones relativamente pequeñas en las temperaturas oceánicas. Pero las temperaturas terrestres y del aire que penda inmediatamente sobre ellas, cambiarán de una manera mucho más rápida que las temperaturas del océano, incluso en una escala de horas, como indica la experiencia de todos los días. Cuando la atmósfera y la zona terrestre se enfríen, se desarrollarán capas estables de aire cerca de la superficie con el resultado de suprimir la convención y permitir incluso un enfriamiento más fuerte de la superficie. Para contrarrestar este efecto existe la tendencia del agua a condensarse en el aire en forma de niebla, rocío y escarcha, que podrían, durante un tiempo, inhibir un enfriamiento continuado. El calor almacenado profundamente en la Tierra también se difunde con lentitud por la superficie, enlenteciendo al principio el índice de descenso de la temperatura, pero también actúa más tarde al hacer más lenta la recuperación de la temperatura, una vez que el déficit de calor en el suelo vuelva a recargarse.

El invierno nuclear más severo físicamente posible se da cuando todo el efecto invernadero llega a desaparecer. Si la temperatura media de la Tierra (terrestre y oceánica) está, por lo general, en torno de los 13 °C, una completa cancelación del efecto invernadero significará un descenso final de las temperaturas globales en unos — 22 °C (22 grados centígrados por debajo del punto de congelación del agua). Un enfriamiento así debe durar décadas para influir de una manera plena en los océanos, Pero bastan unas semanas para su total influencia sobre grandes masas terrestres. En la extensión en que la luz solar llegue a la atmósfera inferior, donde se encuentran los gases principales del efecto invernadero, el enfriamiento del invierno nuclear será menor. Una falta completa del efecto invernadero tiene como condición necesaria, pero no suficiente, que no llegue ninguna luz solar a la superficie de la Tierra al mediodía. Según los standares correspondientes, las temperaturas globales de un típico invierno nuclear descenderían de 10 a 20 °C, que corresponden, aproximadamente a entre un 30 y un 60 % de la eficiencia

t

(la eficiencia del 100% es el enfriamiento máximo permitido por las físicas de la atmósfera). Pero el efecto invernadero puede hallarse muy lejos de quedar destruido por completo para que entre en funcionamiento una catástrofe climática global.

En la figura 1 (capítulo II) se facilita una comparación de los diversos regímenes de temperatura en la Tierra. El rango medio de los efectos del invierno nuclear modifica los climas continentales a los de una región intermedia entre las de la Tierra con su actual efecto invernadero y los de la Tierra sin ningún tipo de efecto invernadero. Si los efectos del extremo más severo de un invierno nuclear llegan a prevalecer durante unos períodos de tiempo muy prolongados, la mayor parte de las formas de vida de la Tierra llegarían a extinguirse. Ninguno de los cálculos que conocemos sugiere que la duración de la fase aguda de un invierno nuclear durase más allá de unos cuantos meses —o la fase crónica más de unos cuantos años—, en cuyo caso el depósito térmico representado por los océanos de la Tierra no tendría tiempo de enfriarse, o el océano de llegar a congelarse.

Resumen

El clima actual de la Tierra es maravillosamente óptimo para la mayor parte de la vida que hay en ella. Y no se trata de ninguna coincidencia: la mayoría de los organismos mal adaptados al clima actual están muertos. Pero nuestra afortunada distancia al Sol —ni demasiado cercana ni demasiado lejana—, los extensos y estabilizadores océanos y el modesto efecto invernadero, son en conjunto los responsables de un clima que, en su conjunto, es clemente y hospitalario para la vida y para nuestra civilización- Debido a que esta sociedad a nivel mundial es tan nueva —la agricultura se inventó hace sólo unos 10.000 años—, y como no hemos tenido hasta ahora que pensar en tales contingencias, no nos hallamos preparados para unos cambios climáticos de importancia, sobre todo, importantes y rápidos.

El sistema climático es inquietantemente sensible a los pequeños cambios en el equilibrio energético: durante largos períodos de tiempo, el inicio de las eras glaciales parece haber sido desencadenado por variaciones sutiles (de sólo un pequeño

tanto por ciento todo lo más) en los parámetros orbitales de la Tierra y en la inclinación de su eje de rotación (*).

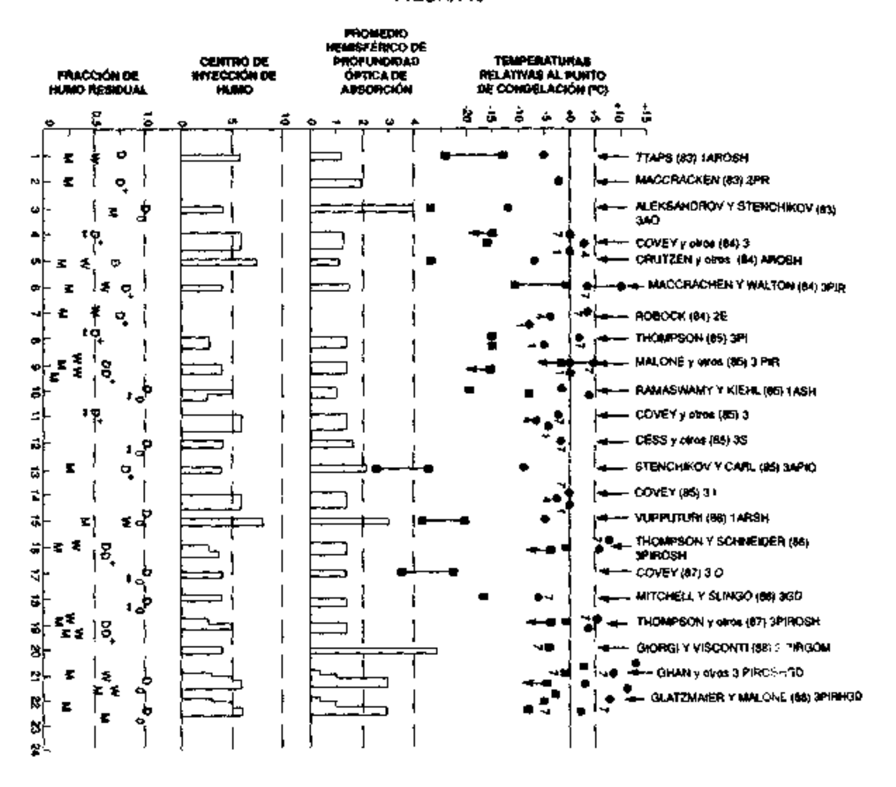
Y esas perturbaciones climáticas, de producirse de nuevo, no lo harían por mano del hombre. Pero el invierno nuclear nos recuerda que también nosotros podemos contribuir a unos cambios climáticos todavía más catastróficos.

Una sola explosión volcánica importante produce un «año sin verano», provoca pérdidas en las cosechas y lleva a un hambre auténtica. El impacto de un gran asteroide o cometa con la Tierra, podría, a través de una variedad de efectos medioambientales directos e indirectos, amenazar la continuidad de la existencia de nuestra especie y de muchas otras. Los efectos climáticos más probables del invierno nuclear quedan comprendidos en esos dos casos. Nuestra civilización global está precariamente sostenida por tecnologías e infraestructuras que no sobrevivirían a una guerra nuclear. Dependemos de una manera muy sensible de un clima benigno que no ha variado significativamente durante los últimos centenares de años, y sólo un poco durante los últimos miles de años, pero que, bajo un invierno nuclear, llegaría a ser brutalmente severo e imprevisible. Somos vulnerables.

[Para ulteriores lecturas acerca del clima y del cambio climático, recomendamos: H. H.. Lamb, *Climate: Present, past,*

(*) Recientes investigaciones han averiguado que, en las eras interglaciales, la abundancia de dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra fue alta, mientras que, en las eras glaciales, resultó baja. Pero los cambios en el efecto invernadero provocados por variaciones en las cantidades de $C0_2$ no parecen poder dar cuenta de la extensión de esos cambios en las antiguas temperaturas. De alguna manera, las pequeñas variaciones astronómicas —a través de un efecto de retroalimentación *(feed-back)* que aún no comprendemos— son tal vez las que han impulsado los cambios de temperatura. Wallace Broecker, de la Universidad de Columbia, propone que existe una inestabilidad fundamental en el sistema terrestre atmósfera-océeano, de tal modo que si se le fuerza, se desliza con rapidez hacia un modelo de era glacial, del que le cuesta milenios recuperarse. Asimismo, desde hace entre 900 y 600 millones de años, los glaciares parecen haber sido abundantes en todos los continentes, incluso en aquellos situados en las latitudes más bajas. James Kasting, de la Universidad estatal de Pensilvania, observa: «Si... hubo glaciares en los trópicos, en ese caso el sistema climático [mundial] debió haber estado operando de un modo por completo diferente de como ha ocurrido a través de la mayor parte de la historia de la tierra.» Pero, simplemente, no sabemos cómo ha ocurrido todo esto.

FIGURA 10



and future (Londres: Methuen, 1972-1977); R. Londer y S. H. Schneider, *Coevolution of climate and life* (San Francicsco: Sierra Club Books, 1984); John Imbrie y Katherine Imbrie, *Ice Ages: Solving the Mystery* (Hillside, N. J.: Enslow Publishers, 1979); G. Genthon, J. M. Barnola, D. Raynaud, C. Lorius, J. Jouzel, N. I.-Barkov, Y. S. Korotkevich y V. M. Kotlyakov, «Núcleo helado Vostok: respuesta climática al CO, y a los cambios orbitales for-zados durante el último ciclo climático», *Nature 329* (l*yol),* 414-418; Wallaces. Broecker y George H. Denton, «¿Qué impulsa los ciclos glaciales?», *Scientific American,* enero de 1990, 49-56, y James F. Kasting, «Estabilidad a largo plazo del clima terrestre», *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 1* (1989)' 83-95. El ciclo de temperaturas 0,18 °C de once años en las zonas tierra adentro fue descubierto por R. G. Currie (*Journal of the Atmospheric Sciences 38,* 1981, 808-818); su explicación en términos del ciclo solar fue propuesto por J. A. Eddy, R. L. Gilliland y D. V. Hoyt, *Nature 300,* 1982, 689-693.]

TEMPERATURA
■PROM. TERRESTRE BAJO EL HUMO (MAX)
•TIERRA ADENTRO (MAX)
= MES DEL AÑO

TEMPERATURAS EMPLEADAS = 0 °C:
INVIERNO
13 °C: ANUAL, OTOÑO, PRIMAVERA 25 °C:
VERANO 35 °C: ALGUNOS CASOS LLNL

MODELOS DE TRATAMIENTOS:
1, 2, 3 = DIMENSIONES
A = PROMEDIO DE INSOLACIÓN ANUAL
P = INYECCIÓN DE HUMO POR ZONAS
I = TRANSPORTE INTERACTIVO
R = ELIMINACIÓN POR PRECIPITACIÓN
O = EVOLUCIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS
S = DISPERSIÓN INCLUIDA
H = HUMO ACTIVO INFRARROJO
E = EQUILIBRIO DE ENERGÍA
G = CAPACIDAD DE CALOR DEL SUELO
D = VARIACIÓN DIURNA
M = MESOESCALA, 48 HORAS

ELIMINACIÓN DEL HUMO:
D = DÍA (ELIMINACIÓN RÁPIDA)
D_o = INYECCIÓN INICIAL ARBITRARIA
W = SEMANA
M = MES
+ = HIPÓTESIS IMPLÍCITA EN EL ESCENARIO DE HUMO ADOPTADO
$_{oo}$= NO HAY ELIMINACIÓN DE HUMO DESPUÉS DE LA INYECCIÓN

Resumen de los cálculos de modelo de clima de invierno nuclear llevado a cabo por numerosos investigadores. Se muestran los datos para:

1) ■ temperatura terrestre medias (costeras y de tierra adentro) en regiones por debajo de las capas de humo ampliamente extendidas para el período de una a dos semanas más frías de la simulación. (En algunos informes, sólo se dan los cambios de temperatura; Para ellos, las temperaturas absolutas se han deducido al estar el crecimiento medio de temperatura computado a partir de la temperatura procedente de cada una de las estaciones listadas en la leyenda.) El mes de simulación se indica por un numeral cerca del círculo lleno. Para los modelos unidimensionales radiativo-convectivos, el promedio de disminución de temperaturas terrestres se toma como sólo la mitad de los decrecimientos de temperatura «terrestres globales» para calcular el efecto de la moderación oceánica. El promedio anual de insolación también se aplica en estos casos. El polvo a grandes altudes (como opuesto al humo) se tiene en cuenta en los modelos TTAPS, pero no en los otros.

2)■ temperaturas terrestres mínimas por debajo del humo (una vez más, donde es necesario, las temperaturas absolutas se obtuvieron como arriba). El punto de congelación del agua es de 0 °C y la temperatura media de la Tierra es de 13 °C. La mayoría de cálculos del invierno nuclear dan bajadas de temperaturas por debajo del punto de congelación en extensas áreas, en algún momento.

3) Promedio hemisférico de la profundidad de absorción óptica, de la inyección total de humo que se ha tenido en cuenta en esos cálculos. Valores T_a tan elevados como 5-10 parecen posibles en una guerra termonuclear global (ref. 3.14), pero no se han calculado casos de esa gravedad en modernos modelos tridimensionales de circulación general.

4) Altura central de la inyección en masa del humo (cf. fig. 2).

5) Fracciones de humo residual en varios momentos (por ejemplo, después de un día, una semana, un mes) en cada simulacro. Un valor de 1 significa que el humo no ha sido eliminado; 0 significa que todo el humo ha sido eliminado.

En el grabado se indican los símbolos empleados. Los datos se han obtenido de las referencias anotadas; algunos valores fueron estimados empleando la información publicada relacionada. Ciertos datos, que no constan en esta figura, no pudieron conseguirse. Los cálculos mostrados corresponden, más o menos, al «tipo básico» recomendada de los escenarios de inyección de humo; se han investigado casos menos graves y más graves, pero sin tanta frecuencia como en en los casos básicos. Los estudios se han ordenado, aproximadamente, en secuencia cronológica. Para un estudio dado, se pueden ilustrar varios casos. Para más detalles, véase la referencia 3.14

Apéndice B

TEORÍA DEL INVIERNO NUCLEAR:

PRIMERAS PREDICCIONES COMPARADAS CON POSTERIORES DESCUBRIMIENTOS

... calor, frío, humedad y sequía, cuatro fieras que luchan por la supremacía.

JOHN MILTON, *El paraíso perdido*

Presentamos aquí una recopilación y comparación de las primeras conclusiones TTAPS acerca del invierno nuclear (numeradas de la 1 a la 14), junto con los resultados más recientes (refs. 3.11, 3.13, 3.14 y referencias dadas allí), seguida de un resumen gráfico de los trabajos de los investigadores más importantes acerca de este problema, hasta 1990:

1) La ignición de incendios a causa de detonaciones nucleares sería eficiente; el incendio de materiales inflamables en las ciudades resultaría muy extendido (más de un 50%).

Descubrimientos más recientes:

Incendios urbanos: En los edificios expuestos a una intensa ola calorífica se produce una ignición y un incendio casi instantáneos. Se desencadenan frecuentes igniciones hasta distancias de 15 km a causa de la explosión de 1 megatón (véase frontispicio). Los modelos de propagación de incendios muestran que el fuego se propaga, en muchos casos, más allá de las zonas de ignición, y se llega al carbonizado total en la zona del incendio. HiroshimayNagasaki proporcionan pruebas directas de los efectos de dichos incendios.

Incendios rurales: La ignición de páramos y, sobre todo, de las tierras cultivadas, resulta limitada (más limitada que nuestras primeras estimaciones), con una fuerte dependencia estacional. Sin embargo, los efectos multiincendios pueden causar una carbonización intensa de la vegetación, en particular en los campos de misiles. También pueden ser importantes los incendios subsiguientes en zonas yermas provistas de vegetación muerta.

2) Los daños urbanos en un intercambio nuclear serían extensos: los incendios urbanos contribuirían sobre todo a la emisión de humo con hollín.

Descubrimientos más recientes:

En un intercambio nuclear de contra fuerza amplio, los análisis de los daños urbanos colaterales se elevan del 25 al 50% del área total urbanizada en las naciones implicadas. Los objetivos de contra valor originarían, por lo menos, un 50% de destrucción urbana. Unos blancos menos extensos pero de una específica alta prioridad, como refinerías de petróleo, asegurarían la producción adecuada de hollín para unos efectos climáticos globales. En general, los incendios urbanos generan mucho más hollín que los rurales.

3) Los penachos de humo urbano se alzarían hasta la troposfera media y superior, y algunos hasta la estratosfera inferior; los penachos de un incendio en el campo se elevan hasta 5 km.

Descubrimientos más recientes:

Incendios urbanos: Los modelos de penachos de incendios predicen inyecciones de humo que alcanzan la troposfera media y superior, con sustancial depósito de humo en las tormentas de la estratosfera inferior.

Incendios forestales: Las observaciones de incendios forestales de modesto tamaño (100 hectáreas) en Canadá, e incendios de vegetación en California, muestran penachos que, de manera típica, alcanzan de 5 a 6 km.

4) Una pronta lluvia limpiadora reduciría las emisiones de humo, aproximadamente, en un 50%, en los grandes incendios urbanos.

Descubrimientos más recientes:

Las mediciones en el campo y los estudios de laboratorio muestran que las partículas frescas de hollín (el componente crítico de absorción de la luz) son unos núcleos muy pobres para la condensación de nubes (un porcentaje muy pequeño es activo para las saturaciones típicas de las nubes). Los modelos microfísicos urbanos predicen en este caso menos de un 10% de despejamiento instantáneo. En los experimentos de incendios a gran escala realizados hasta la fecha, la eliminación debida a la precipitación se observó sólo en una o dos ocasiones, con una disipación máxima del humo oleoso, y no del hollín, en un 30%. En los incendios masivos de vegetación se observan, de manera ocasional «lluvias negras». Las «lluvias negras» de Hiroshima y Nagasaki tuvieron lugar en medios ambientes marítimos de un verano húmedo; en esos casos, se desconoce la eficiencia de la eliminación del hollín.

5) La producción de hollín en un intercambio nuclear crearía profundidades de absorción óptica de, aproximadamente 1, a escala global:

Descubrimientos más recientes:

Las estimaciones corrientes para la ignición de incendios y emisión de humo indican, con gran probabilidad,

profundidades de absorción óptica hemisférica medias de 1 a 3 (con posibles valores que irían de 0,3 a 10) en un intercambio nuclear a plena escala. Aunque han disminuido las estimaciones de materiales inflamables, las estimaciones de la absorción de la luz para una cantidad dada de humo han aumentado, y los dos cambios se compensan mutuamente.

6) La dispersión a escalas medias (100 a 1.000 km) del humo y de las nubes de polvo sería rápida y no se limitarían los efectos globales:

Descubrimientos más recientes:

Las observaciones por satélite y por avión de extensos penachos de incendios forestales, restos volcánicos y polvo sahariano muestran una rápida dispersión sobre unas extensas regiones geográficas. Recientes simulaciones por ordenador, a escalas medias, de grandes de humo, muestran un pronto recalentamiento solar y una estabilización. El caldeamiento y la autoelevación de un penacho de hollín procedente de un incendio de instalaciones petrolíferas se ha observado en un experimento en el campo. La localiza-ción de fuentes de humo individuales parecen tener escaso efecto sobre la dispersión a gran escala y los subsiguientes efectos climáticos.

7) Debajo de masivas nubes de humo se producirían profun dos descensos en las temperaturas superficiales. Originariamente, TTAPS estimaba los descensos máximos de temperaturas te rrestres en unos 25 °C (tras la corrección para las moderaciones oceánicas y la luz solar estacional media) lo que significaría que las caídas de las temperaturas terrestres por debajo de extensas nubes de humo serían, aproximadamente de 15 °C para su esce nario base de guerra nuclear.

Descubrimientos más recientes:

Todos los cálculos de modelos climáticos existente (uni- bi- y tridimensionales) muestran profundos enfriamientos terrestres para las plausibles inyecciones de humo.

Los descensos medios más pequeños de temperatura en masas terrestres cubiertas de humo (para el modelo básico NRC o SCOPE de emisiones de humo) son, aproximadamente, de 10 °C en verano, con descensos en algunas localizaciones de hasta 35 °C, promediados para el día y la noche. Son evidentes significativas heladas terrestres continentales, en verano, para muchas previsiones básicas. El enfriamiento originado por el humo de los incendios forestales ha alcanzado en las mediciones cantidades tan altas como hasta 20 °C, al cabo de unos cuantos días, pero sólo unos cuantos grados centígrados debajo de una neblina poco espesa y, sobre todo, dispersa. Esos resultados parecen consistentes con los cálculos del invierno nuclear.

8) Las perturbaciones de la guerra nuclear se extenderían ampliamente hasta las regiones tropicales del Hemisferio Sur.

Descubrimientos más recientes:

Los modelos más recientes de dispersión global mediante ordenadores muestran una difusión a escala hemisférica de nubes de humo al cabo de dos semanas, con un transporte significativo sobre los trópicos en esta escala de tiempo. Para grandes inyecciones de humo, unas cantidades sustanciales de ese humo alcanzan el Hemisferio Sur al cabo de varias semanas. Se ha predicho una circulación atmosférica transecuatorial sin precedentes. Las anómalas pautas de circulación de esta clase, se han visto asimismo en las tormentas de polvo marcianas.

9) El calentamiento y la estabilización de la atmósfera superior tendría su origen en grandes inyecciones de humo, que llevan a prolongadas vidas medias del hollín.

Descubrimientos más recientes:

Los modelos de circulación global predicen la formación de capas de aire muy extensas y estabilizadas en la troposfera superior y en la estratosfera inferior que alcanzarían, de una manera efectiva, las fronteras de la estratosfera (llamada también tropopausa) en 5 km o más. Tras varias semanas,

la mayor parte del humo residual en la atmósfera queda atrapada en la región estabilizada, con una residencia efectiva de tiempo de, aproximadamente, un año. También se ha calculado una significativa autoelevación del humo, como resultado del caldeamiento solar. De este modo, el humo no necesita ser inyectado directamente en la estratosfera para quedarse finalmente allí. La evidencia indirecta de la estabilización y la autoelevación se ha hallado ya en incendios históricos, como los incendios forestales de Alberta, en Canadá, en los años 1950, y también se han hallado pruebas directas por medio de experimentos de incendios a gran escala.

10) Los aerosoles de hollín no reaccionan de una manera significativa en la atmósfera.

Descubrimientos más recientes:

Estudios de laboratorio de las reacciones hollín/ozono no indican una reducción significativa de la vida media en la atmósfera de los componentes del humo más importantes para la absorción de la luz.

11) Los efectos biológicos y ecológicos globales de los cam bios medioambientales asociados con el invierno nuclear resultarían desastrosos, sobre todo para los humanos.

Descubrimientos más recientes:

El informe SCOPE, volumen II (ref. 3.11), define de forma clara los impactos potenciales de las anomalías climáticas y otras anomalías sobre la producción agrícola y la supervivencia humana. Las cosechas agrícolas se ha descubierto que son particularmente sensibles a los descensos en las temperaturas promedias, temperaturas mínimas (heladas), niveles de luz y lluvias, y puede verse severamente dañada por la radiación ultravioleta, toxinas, y lluvia radiactiva. Se ha predicho la muerte por hambre de hasta varios miles de millones de seres humanos.

12) El invierno nuclear se desencadenaría por un número

relativamente pequeño de ojivas nucleares y/o de millones de toneladas.

Descubrimientos más recientes:

> Ciertos materiales inflamables, como el petróleo, se concentran en relativamente pocos lugares, y son suficientes en cantidad, si se incendian, para originar importantes efectos medioambientales globales. Los principales centros urbanos son limitados en número y son en extremo vulnerables a un ataque nuclear; allí se halla presente el suficiente material inflamable para causar un invierno nuclear.

13) Los ataques nucleares de contra fuerza desencadenarían significativos efectos climáticos.

Descubrimientos más recientes:

> Las cantidades combinadas de humo y polvo generados por un «puro» intercambio nuclear de contra fuerza a gran escala, reducirán sustancialmente la energía solar en la superficie, durante prolongados espacios de tiempo; a ello seguirían unas anómalas y posibles destrucciones agrícolas a causa de las variaciones climáticas.

14) La lluvia radiactiva a una escala de tiempo intermedia producirá dosis integradas de radiación unas diez veces superiores a las primeras predicciones, que ascienden desde decenas a centenares de rem (es decir, hasta 100 veces más que lo normal).

Descubrimientos más recientes:

> Nuevos cálculos confirman las estimaciones de dosis más altas; el aumento de la lluvia radiactiva a largo plazo se relaciona con los cambios en la potencia explosiva de las armas nucleares. Los puntos radiactivamente activos liberarían dosis que alcanzarían varios centenares de rem. Las contribuciones locales adicionales de un ataque a reactores nucleares aumentaría las dosis de radiación a largo plazo de la lluvia radiactiva debida a las armas, en un factor adicional de diez.

Apéndice C

BREVE HISTORIA DEL ESTUDIO TTAPS DEL INVIERNO NUCLEAR

La mente del hombre no puede captar las causas de los acontecimientos en toda su integridad, pero el deseo de hallar esas causas sí se halla implantada en el alma humana...

LEÓN TOLSTÓI, *Guerra y paz* [1868], XIII, 1.

Como resulta cierto en muchos descubrimientos de la ciencia, nuestros hallazgos acerca del invierno nuclear fueron el resultado de un largo esfuerzo preparatorio, durante el cual las consecuencias medioambientales de la guerra nuclear se hallaban muy lejos de nuestros pensamientos. Nos encontrábamos absorbidos en otros asuntos, que incluían la exploración de los mundos cercanos. La tesis doctoral de Carl Sagan, en 1960, en la Universidad de Chicago, versaba principalmente sobre el efecto invernadero en Venus. Los radiotelescopios habían mostrado que el planeta Venus era un inesperadamente brillante emisor de ondas de radio. Tras examinar un abanico de posibilidades alternativas, Sagan razonó que la única explicación que tenía sentido era que la superficie de Venus estuviese muy caliente, y calculó que un efecto invernadero, que implicase masivas cantidades de dióxido de carbono y pequeñas cantidades de vapor de agua, explicaría aquellas elevadas temperaturas.

En la Universidad de Harvard, a mitad de los últimos años 1960, Sagan y su primer estudiante graduado, James B. Pollack, ampliaron y afinaron estos resultados. La tesis doctoral de Pollack, en Harvard, también estaba dedicada al planeta Venus, y más tarde éste llevó a cabo los primeros cálculos del efecto invernadero en Venus, que abarcaban asimismo detallados espectros sintéticos. La serie de vehículos especiales soviéticos *Venera* confirmaron que la superficie de Venus estaba incluso demasiado caliente, y las sondas estadounidenses *Pioneer Venus,* en 1978, confirmaron que el efecto invernadero atmosférico, en el que el dióxido de carbono y el vapor de agua desempeñaban los papeles principales, era el responsable de todo ello. Ambos científicos habían estudiado el efecto invernadero en unos cuantos otros mundos. Dado que el mecanismo principal con el que actúa el invierno nuclear es la desaparición del efecto invernadero, esta investigación no era otra cosa que una inconsciente preparación para el invierno nuclear.

En 1971, Estados Unidos lanzó el *Mariner* 9, una nave espacial robótica, que se convirtió en el primer artefacto producido por la especie humana que comenzó a orbitar en otro planeta. Sagan y Pollack eran miembros del equipo de imagen de la NASA, con responsabilidades en el diseño de misiones y en la interpretación de las imágenes de televisión radiadas hacia la Tierra. Pero, cuando el *Mariner 9* llegó a Marte, a mediados de diciembre de 1971, encontró un planeta casi tan interesante —por lo menos para las cámaras— como una pelota de tenis (pero sin las costuras). No había ningún detalle en ninguna parte, sino sólo un disco informe. Marte se hallaba envuelto en una gigantesca y global tormenta de polvo que hacía ya meses que duraba. En Pasadena, California, en el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA, los miembros del equipo de imagen estaban a la espera. En este período, Sagan, Pollack y sus colaboradores iban a emplear el *Mariner 9* para tomar e interpretar las primeras fotos de cerca de Fobos y Deimos, las dos lunas de Marte. Pero, hasta que se aclarase la tormenta de polvo, había muy poco a hacer.

Sin embargo, otros instrumentos científicos a bordo del navio especial estaban mandando datos útiles, y entre ello se encontraba el IRIS (el Espectrómetro Interferométrico Infrarrojo). Al medir la intensidad de las radiaciones infrarrojas en diferentes longitudes de onda que se estaban recibiendo desde Marte, el IRIS determinó las temperaturas a varios niveles de la atmósfera

marciana. Averiguó que la atmósfera de Marte —especialmente donde el polvo interceptaba la luz del Sol— era mucho más cálida de lo que se esperaba, y que la auténtica superficie estaba mucho más fría de lo calculado. Sagan y Pollack intentaron llevar a cabo algunos cálculos elementales para ver si comprendían este resultado; en realidad, cuanto más grandes son las anomalías en las temperaturas, se requiere más polvo para explicarlas, y cuanto más polvo hay en la atmósfera, más tiempo pasaría antes de que las cámaras pudiesen ver la superficie. Cuando, al fin, se aclaró la tormenta de polvo, en marzo de 1972, y se revelaron las maravillas del paisaje de Marte, los cálculos se dejaron a un lado. Pero habían desempeñado un papel muy importante en la evolución de nuestra forma de pensar.

En 1975, Owen B. Toon se doctoró en física por la Universidad de Cornell, con Sagan como director de su tesis (la disertación versó sobre los cambios climáticos en Marte y en la Tierra); luego se fue al Centro de Investigaciones Ames, de la NASA, para trabajar con Pollack. Toon, Pollack y Sagan colaboraron en unos cuantos estudios acerca de la influencia de las partículas finas en la atmósfera y en el clima de la Tierra. Calcularon con éxito el descenso de aproximadamente 1 °C en la temperatura hemisférica después de grandes explosiones volcánicas. En este trabajo se desarrollaron unos sofisticados modelos ópticos y climáticos (el equilibrio de energía), que muy pronto comenzaron a emplearse para analizar la nubes de ácido sulfúrico de Venus y el polvo sahariano alzado por el viento. Los tres colaboraron también en un estudio, publicado en *Science,* de las influencias de la tecnología humana sobre el clima de la Tierra, incluyendo los incendios forestales y los del monte bajo y de zonas cultivadas.

En aquella época, Richard Turco se había unido también al equipo de Ames. Pasó ocho meses en Ames en 1971, como becario de posdoctorado del Consejo Nacional de Investigaciones, tras la licenciatura en la Universidad de Illinois con un doctorado en ingeniería eléctrica y en física. Uno de los primeros proyectos de Turco en Ames fue desarrollar, con Pollack, un modelo para la evolución de la atmósfera de Venus y su efecto invernadero durante los últimos 4.500 millones de años. Dedicándose luego a la Tierra, Turco construyó uno de los primeros modelos detallados de la capa de ozono estratosférica. En el otoño de 1971, Turco abandonó Ames para entrar en «R & D Associates», y luego se fue a Santa Mónica, California, como consultor del Departamento de

Defensa. «R&D» había surgido de la Rand Corporation, uno de los llamados «depósitos de cerebros» del Departamento de Defensa, donde se había llevado a cabo gran parte de la formulación original de la política estratégica de Estados Unidos y los sistemas de armas. Pero Turco continuó colaborando con los científicos de la NASA en Ames en los problemas del ozono y de los aerosoles.

A principios de 1975, Turco se unió a Toon, Pollack y otros científicos con base en Ames para la construcción de un modelo de ordenador para los aerosoles microfísicos, único en la comunidad científica de aquella época, para estudiar las partículas estratosféricas, los restos meteóricos, las nubes de las erupciones volcánicas y aquellas otras nubes situadas tan altas que todavía estaban con luz de día cuando la noche ya había caído en el suelo que tenían por debajo. Esos modelos ópticos/climáticos, de aerosoles y de ozono se aplicaron más tarde al problema del invierno nuclear. Turco, Toon, Pollack y otros, con la aplicación de su nuevo modelo de aerosoles, demostraron que las emanaciones de incluso una gran flota de aviones supersónicos tenía muy poco efecto sobre el clima de la Tierra, al contrario de algunas opiniones muy extendidas en aquel momento.

A finales de los años 1970, Sagan estaba dedicado a su serie *Cosmos* para la televisión y a escribir el libro complementario de las mismas. El capítulo del último episodio, que llevaba por título «¿Quién habla por la Tierra?», estaba principalmente dedicado a la carrera de armamento nuclear. En este período, Sagan propuso a Pollack y a Toon que realizaran juntos un estudio, dentro de la línea de su trabajo previo en colaboración, sobre los efectos del polvo generado por una guerra nuclear sobre el clima de la Tierra.

En 1980, Luis Alvarez, junto con sus colaboradores de la Universidad de California, en Berkeley, lanzó la hipótesis de que la extinción de los dinosaurios, 65 millones de años atrás, al final de la época cretácica, había sido causada por el impacto de un asteroide o un cometa, que generó una masiva nube global de polvo. Para discutir el problema general de los impactos de asteroides con la Tierra, y las consecuencias físicas y biológicas de tales colisiones, se convocó una reunión en Snowbird, Utah, para los días 19 a 22 de octubre de 1981, bajo los auspicios de la Sociedad Geológica de Estados Unidos. Toon realizó una presentación acerca de la respuesta de la atmósfera ante el polvo

alzado por un impacto importante, y se extrajeron conclusiones en lo referente a los posibles efectos sobre el clima y la vida. A continuación se escribieron un par de documentos que trataban de la evolución microfísica y de los efectos climáticos de la nube de polvo de Alvarez por parte de un equipo de científicos entre los que se encontraban Toon, Pollack y Turco.

También habían acudido a la reunión de Snowbird dos miembros de la dirección del Consejo Nacional de Investigaciones (NRC): Lee Hunt y el almirante William Moran (retirado de la Armada de Estados Unidos). Basándose en la presentación por Toon de nuevas pruebas de la importancia para el medio ambiente de las nubes de polvo masivas, decidieron examinar con mayor atención el problema del polvo alzado a causa de las explosiones nucleares. Convocaron una reunión *ad hoc* en la Academia Nacional de Ciencias (NAS) para el 6 de abril de 1982. El NRC pidió a Toon y a Turco que efectuasen algunas estimaciones preliminares respecto de los efectos sobre el clima del polvo nuclear.

La labor de Turco en RDA le había permitido estudiar los efectos físicos de las explosiones de armas nucleares y otros asuntos tales como mando nuclear y convencional, control y comunicaciones; sistemas de diseño y despliegue; contramedidas y política de cómo combatir en la guerra. La empresa había tenido siempre fuertes vínculos con la Agencia Nuclear de Defensa, para la que había desarrollado un amplio abanico de modelos analíticos sobre *explosiones* nucleares. La experiencia de Turco acerca de los efectos de las armas nucleares, adquirida en más de una década de trabajo en la RDA, resultó de lo más útil cuando el equipo TTAPS comenzó a construir el modelo original del invierno nuclear.

En *1982,* Turco estaba trabajando en las implicaciones militares del polvo inyectado en el aire por una guerra nuclear. Tuvo acceso a una gran variedad de información no clasificada, parte de la cual resultaba única, sobre la cantidad y tamaño de la distribución de las partículas alzadas del suelo por las explosiones nucleares. La base de datos del polvo nuclear se empleó para estimar las propiedades ópticas de una nube, a escala hemisférica, provocada por las detonaciones en la superficie de 10000 megatones de alto poder explosivo (un escenario adoptado originalmente por NRC en su informe de 1975, *Efectos a largo plazo y nivel mundial de las detonaciones de armas nucleares múltiples)* Toon y Thomas Ackerman —un joven experto en radiación *y*

clima que había entrado recientemente en el Ames de la NASA—, realizaron estimaciones aproximadas de los descensos en la temperatura superficial en el caso de una guerra nuclear, en relación con las primeras inversiones de los «dinosaurios» y un oscurecimiento total. Los resultados fueron sorprendentes. Se halló, para un guerra de esa clase, unas perturbaciones ópticas y climáticas importantes, que contradecían los primeros descubrimientos de NRC *(ibíd.).* Las estimaciones de Toon/Ackerman/ Turco fueron expuestas por Turco en la reunión de la Academia Nacional de Ciencias del 6 de abril.

Los días 23-25 de marzo, dos semanas antes de la reunión de la Academia Nacional de Ciencias del 6 de abril, se había mantenido una reunión de trabajo sobre radiación atmosférica infrarroja en la Kaman/TEMPO Company, un contratista de Defensa en Santa Bárbara, California, bajo el patrocinio de la Agencia de Defensa Nuclear (DNA). A ella habían asistido Turco y Eric Jones (un científico del Laboratorio Nacional de Los Alamos que había sido invitado a unirse al grupo *ad hoc* de la Academia Nacional de Ciencias). Turco y Jones se conocieron y hablaron con Fred Fehsenf eld (un científico de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, colega y amigo de Paul Crutzen). Fehsenfeld dio a Turco y Jones las galeradas del trabajo de Crutzen y John Birks *(Ambio* 11 [1982], 114), que contenía estimaciones sorprendentes de las emisiones de humo en una guerra nuclear, y propuso que el resultado de todo *ello* acarrearía unas importantes perturbaciones ópticas.

Turco y Jones aportaron el trabajo de Crutzen y Birks a la atención de la reunión del equipo de la Academia Nacional de Ciencias del 6 de abril. Dado que el grupo creyó haber identificado algunas implicaciones muy serias causadas por el polvo y el humo nuclear, se escribió una carta a Frank Press, Presidente de la Academia, urgiéndole a llevar a cabo ulteriores acciones acerca de aquel problema, si era posible en cooperación con una agencia del Departamento de Defensa, incluyendo tal vez datos clasificados. Pero pasó casi un año antes de que el Comité de la Academia quedase convencido de que se debía iniciar una valoración en profundidad acerca de las cuestiones planteadas en la carta a Press. (La primera reunión oficial del grupo tuvo lugar el 7-8 de marzo de 1983, momento en el que ya estaban casi Preparados los resultados principales del estudio TTAPS.)

Mientras tanto, Sagan —que había salido ya de las respon-

sabilidades de su *Cosmos y* de los vuelos a Saturno de las naves espaciales *Voyager 1* y 2— contactó con sus antiguos estudiantes licenciados Pollack y Toon, a principios de 1982, para pedirles que se uniesen de nuevo a él en los estudios de las consecuencias climáticas de la guerra nuclear. En una reunión sobre los orígenes de la vida, que tuvo lugar en el Centro de Investigaciones, Pollack, Toon y Sagan empezaron a discutir el asunto. Puesto que Turco, Toon y Ackerman se encontraban ya implicados en el comité *ad hoc* de la Academia Nacional de Ciencias, se decidió que los cinco científicos reuniesen sus fuerzas para un esfuerzo informal de investigación. En este mismo período, Sagan ya se había enterado —a través de Joseph Rotblat, de la Universidad de Londres— del próximo estudio Crutzen/Birks, por lo que se decidió investigar también los efectos del humo, además de los del polvo.

Después de la reunión del 6 de abril de la NASA, los colaboradores de TTAPS ampliaron sus esfuerzos para definir con mayor precisión el problema del humo y del polvo. Los cálculos de Crutzen y Birks respecto de las emisiones de humo sólo eran preliminares, y aún quedaban sin resolver cuáles serían los efectos climáticos y medioambientales. En el otoño de 1982, el nuevamente formado equipo TTAPS había desarrollado una metodología para realizar unos cálculos ampliados respecto de diversos escenarios de guerra nuclear y para comprobar cómo los resultados dependían de otras elecciones de unos parámetros imperfectamente conocidos. Tenía que lograrse una base de datos mucho más amplia. Los temas específicos que se consideraron durante este período fueron:

— propiedades de los incendios urbanos (Crutzen y Birks habían basado su análisis en los incendios forestales, que demostraron ser climáticamente mucho menos importantes);

— tipos y cantidades de materiales inflamables en las ciudades;

— composición y propiedades ópticas del humo;

— componentes tóxicos liberados por los incendios urbanos;

— alturas de los penachos de humo y extensión de la «lluvia negra»;

— propiedades físicas y ópticas del polvo generado por una guerra nuclear;

— analogías entre guerra nuclear/erupciones volcánicas;

—óxidos de nitrógeno y contenido de vapor de agua de las nubes nucleares;

— escalas de tiempo intermedias de la lluvia radiactiva;

—disminución de la capa de ozono en relación con una guerra nuclear y exposición ultravioleta resultante;

— partículas de humo y polvo en los procesos microfísicos;

—perturbaciones atmosféricas de los campos de radiación visible e infrarroja;

— cambios en las temperaturas del aire en niveles elevados;

—implicaciones meteorológicas del humo e inyección de polvo;

—transporte interhemisférico de aerosoles generados por una guerra nuclear;

—sensibilidad de los efectos en relación con el tamaño de los arsenales nucleares y la elección de blancos;

—sensibilidad de perturbaciones climáticas a las incógnitas en los parámetros físicos; y

—analogías del invierno nuclear en otros planetas, espe cialmente en las tormentas de polvo marcianas.

A causa de su larga (aunque inadvertida) preparación para este estudio durante muchos años, y debido asimismo a la posibilidad de acceso del equipo TTAPS al ordenador Cray del

Centro de Investigación Ames de la NASA, pudimos realizar progresos muy rápidos. Se preparó un documento para la presentación de nuestros descubrimientos iniciales en la reunión del otoño de 1982 de la Unión Geofísica America (AGU), en San Francisco, y se publicó un resumen en *EOS*, las *Transactions* de la Unión Geofísica Americana. Sin embargo, en el último momento, los dirigentes principales del Centro de Investigaciones Ames insistieron en que no debería haber una presentación verbal de los nuevos resultados en la reunión de la AGU. Aunque el trabajo propuesto había sido presentado previamente a la dirección del Ames y después había estado sometido a la revisión interna, el director del Ames, Clarence Cyvertyson, y su ayudante, Angelo Gustafero, opinaron que el documento no había recibido la adecuada revisión interna. También admitían estar preocupados respecto de las implicaciones políticas de los resultados. Como se le explicó a uno de nosotros: «Hace dos semanas un chalado intentó volar el monumento a Washington; la semana pasada el Senado eliminó el misil MX [pero luego resultó una eliminación efímera]; ¿y esta semana quiere que sea responsable de decirle al presidente que toda su estrategia nuclear está equivocada?»

Por lo que sabemos, no fue que un funcionario del gobierno de Washington llamara a los funcionarios del Ames, diciéndoles que debían impedir que la documentación se presentase ante una reunión científica; se trató más bien de una autocensura, fruto de la preocupación de lo que pudiera ocurrirle al Ames en el clima de los primeros años de la era Reagan, *si* el documento se presentaba. Naturalmente, esto no era otra cosa que falta de visión, porque hubiera sido mucho peor políticamente para la NASA si se hubiera sabido que se trataba de ocultar al pueblo estadounidense un descubrimiento acerca de los peligros de la guerra nuclear. Los informes de la Prensa respecto de la retirada (por ejemplo, «La NASA retira la presentación», *Aviation and Space Technology*, 20 de diciembre de 1982, 67), causaron auténtica consternación. James Beggs, que era entonces administrador de la NASA, en discusiones con uno de nosotros, comprendió el tema muy bien y prometió que se permitiría una continuada investigación acerca de este problema, y que se mantendría el acceso al ordenador Cray.

La dirección de Ames pidió luego una revisión científica independiente del trabajo, y también estableció un comité de revisión interno con tres científicos sénior. Éstos, independien-

temente, revisaron el estudio del TTAPS en dos ocasiones separadas, en marzo y agosto de 1983, y subsiguientemente el estudio se publicó benefiándose de esas revisiones.

Sin embargo, durante el invierno de 1982/1983, los directores de nivel medio del cuartel general de la NASA en Washington, empezaron a preocuparse acerca del uso de inversiones que les parecía que se hallaba fuera del mandato de la NASA. En consecuencia, redujeron el presupuesto de investigación de los colaboradores de TTAPS en Ames en 40.000 dólares, para inhibir posteriores investigaciones sobre los efectos climáticos del invierno nuclear. No obstante, llegados a este punto, la mayor parte de la tarea ya se había completado. Pero la dirección de Ames, aceptando un requerimiento de la Academia Nacional de Ciencias para terminar la investigación, permitió el empleo de unos fondos *internos* para gastarlos en la investigación del invierno nuclear. No hubo postura monolítica en la NASA respecto de las investigaciones del TTAPS, pero se alzaron diferentes voces sobre cómo servir mejor a la nación, e incluso al planeta.

En 1983 Turco participó en un largo seminario en la RDA, al que asistieron los científicos principales de la compañía, en el que se discutieron aspectos clave de la teoría del invierno nuclear. La sesión de revisión provocó otra primera indicación de que no se habían cometido errores importantes en la formulación de la teoría.

Mientras tanto, a principios de junio de 1982, un grupo de ejecutivos medioambientalistas y de fundaciones habían llegado a la conclusión de que se estaba proporcionando una atención inadecuada a las potenciales consecuencias medioambientales de la guerra nuclear. Las organizaciones del medio ambiente habían suscitado la conciencia pública sobre muchos riesgos locales, regionales y globales, pero en cierto modo, no habían puesto la adecuada atención sobre los riesgos mucho más serios de la guerra nuclear. El grupo le pidió a Carl Sagan que se uniera a ellos, y sólo entonces descubrieron la investigación en marcha de TTAPS. Esto les llevó a la creación de un comité de dirección, bajo la presidencia de George M. Woodwell del Laboratorio Biológico de la Marina, Woods Hole, Massachusetts, para tratar de la posibilidad de llevar a cabo una importante conferencia pública para que el estudio del TTAPS y los hallazgos biológicos respecto de las conse-

cuencias de una guerra nuclear llegasen a ser accesibles a los educadores, científicos, hombres de negocios funcionarios públicos y otros ciudadanos destacados y representativos de otras naciones, así como a los medioambientalistas. A sugerencia del doctor Sagan, se dispuso que la documentación del TTAPS se sometiera a una revisión por parte de sus iguales en una reunión de eminentes físicos. Los datos se mostrarían a un gran número de expertos biólogos y ecólogos, para que pudiesen considerar cómo serían para la Humanidad los extensos impactos a nivel mundial a largo plazo, así como para los sistemas que sirven de soporte a la vida del planeta. Quedó establecido que sólo si los datos resistían la revisión de sus iguales se fijaría una fecha para la propuesta Conferencia pública.

A finales de abril de 1983, aproximadamente un centenar de científicos de Estados Unidos y de otros países se reunieron para el proceso de revisión de los iguales en la Academia de Artes y ciencias estadounidense, en Cambridge, Massachusetts. Los científicos invitados representaban una gran variedad de campos. En la primera reunión, organizada y presidida por el doctor Sagan (que estaba aún recuperándose de la casi fatal convalecencia de una apendicectomía que le habían practicado el mes anterior), unos cuarenta físicos y diez biólogos consideraron y evaluaron el bosquejo preliminar del estudio del TTAPS. El grupo estuvo, en general, de acuerdo con las conclusiones del informe, así como de las potenciales y sustanciales reducciones en la cantidad de la luz solar que llega a la superficie de la Tierra, y de los severos cambios climatológicos, aunque sugirieron ajustes menores... [Esto fue después seguido de una reunión preliminar para tratar de las consecuencias biológicas.]

Con la seguridad, por parte de los científicos reunidos, de que el análisis era válido, y que las conclusiones debían tomarse en serio, el comité de dirección decidió que había que seguir adelante con los planes para la Conferencia, y treinta y un científicos nacionales e internacionales, organizaciones del medio ambiente y de población o institutos se mostraron de acuerdo en patrocinarla. [Del prólogo,*The cold and the dark: the world after nuclear war,* por Paul R. Ehrlich, Carl Sagan, David Kennedy y Walter Orr Roben (Nueva York: W. W. Norton, 1984).]

Como preparación de las ya cercanas reuniones del 22-23 y 25-26 de abril de 1983, TTAPS puso a punto una detallada descripción de los descubrimientos que, a causa de sus cubiertas de color azul, comenzó a conocerse como «El Libro Azul». Se distribuyó a unos 150 científicos, para su revisión y comentario, incluyendo a aquellos que debían asistir a las reuniones de revisión crítica en Cambridge. (Fue en esas reuniones cuando se acuñó por primera vez el acrónimo TTAPS, por parte del doctor Newell Mack, de la Universidad de Harvard.) La carta de invitación a dichas reuniones decía, en parte:

> Nos interesa sobre todo recibir críticas, acerca de errores de omisión o de acción, por parte de la comunidad de ciencias físicas; evaluaciones de si se ha empleado todo el intervalo significativo de los parámetros; y sugerencias para los cálculos de orden de magnitud aproximada y previsiones físicas simples que ayuden a clarificar el análisis... Naturalmente, somos muy conscientes de que el público tiene un derecho significativo a enterarse de este tema, pero nos inquieta que una discusión prematura de esos resultados antes de ser revisados críticamente, induzca a malas interpretaciones y a equívocos. Por lo tanto, le pedimos que ejerza todas las precauciones razonables para evitar una difusión generalizada del contenido de esta documentación... Se trata de un difícil problema multidisciplinario de acuciante importancia a nivel mundial. Le agradecemos en extremo su colaboración.

Después de la reunión de revisión en Cambridge, el informe TTAPS fue condensado y, el 4 de agosto de 1983, propuesto como artículo a la revista *Science.* Como resulta típico en la bibliografía científica, los editores de *Science* remitieron el documento para su revisión crítica por parte de tres expertos, cuya identidad no les fue revelada a los autores. Una vez se recibieron los comentarios de esos arbitros, el artículo se revisó y aceptó para su publicación. Apareció en el número de *Science* del 23 de diciembre de 1983.

El término «invierno nuclear» había sido acuñado por Turco en el informe original del Libro Azul del TTAPS. Nuestro apego al mismo aumentó cuando descubrimos, después de una revisión

de última hora por la NASA del artículo ya en prensa en *Science* que era un punto de vista de la NASA el no permitir incluir frases del tipo «guerra nuclear» o «armas nucleares» en el título. Esas prohibiciones se aplicaban a los coautores pero no a nosotros mismos, pero, obviamente, necesitábamos de un documento que resultase aceptable para todos los autores. La NASA parecía preocupada respecto de que algún burócrata de la Casa Blanca o de la Oficina de Dirección y Presupuestos que hojease rápidamente las páginas de la revista *Science,* se enfureciera al descubrir que alguien contemplase una guerra nuclear en una agencia no autorizada. Supusimos que la expresión «invierno nuclear» pasaría a través de este filtro.

El 31 de octubre y el 1 de noviembre de 1983 se celebró la Conferencia, bajo el lema de: «El mundo después de una guerra nuclear: Conferencia sobre las consecuencias biológicas a largo plazo de una guerra nuclear.» Las actas de esta Conferencia se publicaron en el libro *The Cold and the Dark (ibid.),* que incluye una transcripción de la discusión entre los científicos estadounidenses, en Washington, y los científicos soviéticos en Moscú. Los autores de este libro participaron en la Conferencia de Washington, pero nuestros colegas Brian Toon, Tom Ackerman y Jim Pollack —fuertemente desalentados por la dirección de la NASA incluso de asistir— no lo hicieron.

Los miembros del equipo TTAPS continuaron desempeñando un papel importante en el estudio de la Academia Nacional de Ciencias (ref. 3.10). Sagan inició un esfuerzo mayor, comenzando con su artículo en *Foreign Affairs* (ref. 2.3) para explorar las implicaciones políticas del invierno nuclear y para conseguir que los descubrimientos del invierno nuclear fuesen conocidos por los dirigentes y por la opinión pública mundial. Tras el mandato del Congreso respecto de que el Departamento de Defensa (DoD) investigase el problema del invierno nuclear, empezó una sene de ayudas a la investigación TTAPS durante los años 1983-1984, sobre todo procedentes de la Agencia de Defensa Nuclear, del DoD (que, curiosamente, tiene el mismo acrónimo, DNA [aunque ADN en español] de la molécula central de la vida en la Tierra).-Toon y Ackerman recibieron fondos para realizar unos estudios climáticos más sofisticados. Turco, en parte debido a sus pasados lazos con el DNA, se convirtió en un consejero técnico clave del DNA para el desarrollo y seguimiento del «Programa sobre efectos globales» (un eufemismo del Departamento de Defensa

para omitir lo de invierno nuclear), que abarcaba desde las predicciones de cambios en el clima global hasta simular tormentas provocadas por grandes incendios, y que incluían un gran número de experimentos numéricos, de laboratorio y de campo. Como ya hemos subrayado en otras partes de este libro, de todos modos, el programa de investigaciones no fue nunca adecuado a lo serio del problema. En la actualidad, esencialmente, se halla muerto.

Pero el programa DNA dominó la investigación del invierno nuclear. Fue, en esencia, ampliamente responsable de apoyar la confirmación de la teoría básica TTAPS, y esto pese al hecho de que los altos cargos del Departamento de Defensa percibieran que la tesis del invierno nuclear constituía una amenaza para la política existente e hicieron todo lo posible en su intento por desacreditarla. Una vez más discernimos numerosas voces diferentes en la burocracia federal.

En los años siguientes, el equipo TTAPS permaneció activo en la ciencia y en la política del invierno nuclear. A causa de los antecedentes y la perspectiva planetaria de los investigadores, y de la forma en que el estudio de otros planetas ha respaldado el invierno nuclear, creemos que constituye un buen ejemplo de los beneficios prácticos para la vida en la Tierra de la exploración científica de los otros planetas.

Las ideas del invierno nuclear no hacen ahora más que aparecer en la ciencia planetaria: ¿Podrían los impactos importantes de asteroides o cometas con otros planetas haber eliminado temporalmente sus efectos invernaderos? ¿Existió una época en la historia de la Tierra en que el flujo de impactos fue tan elevado que un palio permanente de fino polvo envolvió la Tierra, borrando el efecto invernadero durante centenares de millones de años? (Carl Sagan y David Grinspoon: «¿Fue la Tierra cubierta en sus primeros tiempos por el polvo generado por un impacto?», *Bulletin of the American Astronomical Society 19,* 1987, 892). ¿Podría convertirse el medio ambiente de otros planetas a otros más parecido al de la Tierra, generando artificialmente una capa de nubes, que modulara el efecto invernadero local? ¿Podría el caldeamiento global de la Tierra, producido por el cada vez más creciente efecto invernadero, ser controlado por un palio de polvo generado artificialmente? (Carl Sagan, «Ecotecnología a escala planetaria: Discurso del Premio Honda para 1985» [Tokyo, Fundación Honda]; James Pollack y Carl Sagan, *Ingeniería*

planetaria, en preparación, 1990.)

Naturalmente, no es necesario desencadenar una guerra nuclear con objeto de colocar finas partículas de polvo en la atmósfera de la Tierra, y nadie está proponiendo el invierno nuclear como respuesta al recalentamiento por el efecto invernadero. Pero, ¿deberíamos mantener una cuidadosamente controlada cantidad de finos aerosoles atmosféricos para que no tengamos que encontrar una alternativa a la economía global regida por los combustibles fósiles? Nuestra respuesta provisional __con independencia de cómo se harían llegar allí esas finas partículas de polvo— es no. Dentro de los límites de nuestra tecnología actual, una «fijación» tecnológica de este tipo parece demasiado insegura y demasiado peligrosa. Tenemos que limitarnos a ejercer nuestras duras elecciones aquí abajo en la Tierra. Pero este debate —o cualquier otra posible aplicación práctica de la teoría del invierno nuclear— lo más probable es que continúe.

AGRADECIMIENTOS POR PERMISOS CONCEDIDOS

Se dan las gracias a los relacionados por el permiso de reimpresión de materiales ya previamente publicados:

American Broadcasting Company: extractos de «Viewpoint», radiado el 20 de noviembre de 1983 y el programa «Nightline», emitido el 18 de julio de 1984. Copyright © 1983, 1984. Reimpreso con permiso de ABC News.

Michael J. Altfield y Stephen J. Cimbala: extractos de «Targeting Nuclear Winter», por Michael F. Altfield y Stephen J. Cimbala, publicado originalmente en *Parameters.* Reimpreso con permiso de los autores.

American Association for the Advancement of Science: extractos de «Long Term Biological Consequences of Nuclear War», por Paul E. Ehrlich, «Mutual Deterrence of Nuclear Suicide» y «A Run worth making» de la revista *Science.* Copyright ©1983,1984, por la American Association for Advancement of Science. Reimpreso con permiso.

Christopher Anvil and the Scott Meredith Literary Agency, Inc: extracto de *Torch,* por Christopher Anvil. Copyright © 1957 por Street & Smith. Renovado por Davis Publications, Inc. Reimpreso con permiso del autor y del agente del autor, Scott Meredith Agency, Inc.

The Atlantic Monthly: extracto de «Einstein on the Atomic Bomb del número de noviembre de 1945 del *Atlantic Monthly.* Copyright' 1945. Reimpreso con permiso. ^

Bilingual Press/Editorial Bilingüe y Anvil Press Poetry Limit A-extractos de «Songs of the Fallen», de *Flower and Song, Poems ofth Aztec Peoples,* traducido por Edward Kissam y Michael Schmidf Derechos para Canadá y el Mercado Abierto controlados por Anv'l Press Poetry Limited. Reimpreso con permiso de Bilingual Press/ Editorial Bilingüe. Hispanic Research Center, Arizona, State University, Tempe, Arizona 852877 y Anvil Press Poetry Limited

Bucknell University Press: extracto de «Odes», de George Santayana. Reimpreso con permiso de Bucknell University Press.

Bulletin of the Atomic Scientists: extractos de «How dangerous are Atomic Weapons», por Edward Teller (febrero de 1947) y «Science and our times», por J. Robert Oppenheimer (setiembre de 1956), Copyright 1947, © 1956 por The Educational Foundation for Nuclear Science, 60422 South Kimbark Avenue, Chicago, 111. 606377, USA. Reimpreso con permiso del *Bulletin of the Atomic Scientist,* una revista de *Science and World Affairs.*

Columbia Pictures, Inc., and Stanley Kubrick: extractos del guión de «Dr. Strangelove» por Stanley Kubrick, Peter George y Terry Southern. Copyright © 1963 por Columbia Pictures, Inc. Reimpreso con permiso de Columbia Pictures, Inc. y Stanley Kubrick.

Doubleday, a division of the Bantan, Doubleday, Dell Publishing Group: extractos de *Mandate for change: The White House Years,* por Dwight Eisenhower y «Spring prospect», por Du Fu, traducido por Greg Whincup, de *The Heart of Chinese Poetry*. Copyright © 1987 por Greg Whincup. Reimpreso con permiso de Doubleday, una division del grupo Bantam, Doubleday Dell Publishing.

Foreign Affairs: extractos de «To Cap the Volcano», por McGeorge Bundy (octubre de 1969) y «The Danger of Thermonuclear War», por Andréi Sajarov (verano de 1983). Copyright © 1969, 1983, po The Council on Foreign Relations, Inc. Reimpreso con permiso.

Harcourt Brace Jovanovich, Inc.: extractos de *The Abs*

Weapon: Atomic Power and World Order, por F. S. Dunn, B. Brodiee, A. Walfer y W. T. R. Fox. Copyright 1946 por Yale Institute of International Studies. Copyright renovado 1974 por Yale Concillium on International and Area Studies. Reimpreso con permiso de Harcourt Brace Jovanovich, Inc.

Harcourt Brace Jovanovich Inc., y FaberandFaber, Ltd.: Dos versos de «Little Gidding», de *Four Quartets,* por T. S. Elliot. Copyright 1943 por T. S. Elliot. Copyright renovado en 1971 por Esmé Valerie Elliot. Derechos para todo el mundo, excluyendo los Estados Unidos, controlados por Faber and Faber, Ltd. Reimpreso con permiso de Harcourt Brace, Jovanovich, Inc, y Faber and Faber, Ltd.

Harper and Row Publishers, Inc.: extractos de *Famous fires,* por Hugh Clevely. Copyright © 1957 por Hugh Clevely. Copyright renovado. Reimpreso con permiso de Harper and Row, Publishers, Inc.

Hill and Wang, a division ofF arrar, Strauss, Girox, Inc.: extractos de *On the Brink: Americans and Soviets Reexamine the Cuban Missile Crisis,* por James G. Blight y David A. Welch. Copyright © 1989, por James G. Blight y David A. Welch. Reimpreso con permiso de Hill and Wang, una división de Farrar, Strauss, y Giroux.

The International Institute for Strategic Studies: extractos de «Targeting for Strategic Deterrence», por Desmond Ball (Adelphi Paper 185). Reimpreso con permiso de the International Institute for Strategic Studies.

Joint Publishing (H. K.) Co. Ltd: extractos de *Reverbations: A New Translation of the Complete Poems of Mao Tse-tung,* por Nancy T. Lin. Copyright © 1980 por Joint Publishing Company (H. K.) Co. Ltd. Reimpreso con permiso.

Alfred A. Knopf, Inc.: extractos de The Fate of the Earth, por Jonathan Schell. Copyright © 1982, por Jonathan Schell. Reimpreso con permiso de Alfred A. Knopf, Inc.

William Marrow and Company and The Longman Group UK: extractos de The Longman History of the US, por Hugh Brogan. Copyright © 1986 por Hugh Brogan. Derechos para todo el mundo,

con exclusión de Estados Unidos, controlados por The Longman Group UK. Reimpreso con permiso de William Morrow and Company y the Longman Group UK. ny

The National Review: extractos de «The Scandal of Nuclear Winter». por Brad Sparks (15 de noviembre de 198 5), « The death of truth», por Jeffrey Hart (7 de noviembre de 1986), y editorial titulado «Reichstag Fire II» (9 de diciembre de 1986). Copyright © 1985 1986 por National Review, Inc., 150 East 35th Street, NY, NY 100166 Reimpreso con permiso.

The New York Times: extractos de «Administration Policy towards Russia» (8 de setiembre de 1946); extractos de «An Avoidable 20-Year race» (10 de octubre de 1984); extractos de «Interview with Ronald Reagan» (12 de febrero de 1985); extractos de «Rethinking Nuclear War» (9 de setiembre de 1985); extractos de «Militant Hindu Leader wins King-maker's role» (28 de noviembre de 1989); extractos de «Toxic smoke killed some in seconds» (27 de marzo de 1990). Copyright 1946,© 1984, 1985, 1989,1990, por The New York Times Company. Reimpreso con permiso.

W. W. Norton and Company, Inc.: extractos de The Cold and the Dark, por Carl Sagan. Copyright 1984 por Carl Sagan y otros; extractos de *Voices of Glasnost* por Stephen F. Cohen y Katri-na van den Heuvel. Copyright © 1989 por Stephen F. Cohen y Katrina van den Heuvel. Reimpreso con permiso de W. W. Norton and Company.

Penguin Books, Limited: extractos de *The Koran,* traducido por N. J. Dawood (Penguin Classics, quinta edición). Copyright © 1956, 1966, 1968, 1974, 1990, por N. J. Dawood. Reimpreso con permiso de Penguin Books, Limited.

Pocket Books, a division of Simon and Schuster, Inc: extractos de *The Atomic Age Opens,* por Donald Peter Geddes. Copyright 1945, © 1972 por Simon and Schuster, Inc. Reimpreso con permiso de Pocket Books, una división de Simon and Schuster, Inc.

Center for International Studies at Princeton University: extractos de *On Thermonuclear War,* por Hermann Kahn. Reimpreso con permiso del Center for International Studies at Princeton University

Society of Authors on behalf of the Estate of George Bernard Shaw: extractos de *Back to Methuselah,* por George Bernard Shaw. Reimpreso con el amable permiso de la Sociedad de Autores en nombre de la herencia del autor.

The Estate of Leo Szilard: extractos de *The Disarmament Agreement of 1988* y *His version of the facts,* por Leo Szilard. Reimpreso con permiso de La Herencia de Leo Szilard.

Lewis Thomas: extractos de «Nuclear, Again», por Lewis Thomas. Copyright © 1984, por *Discover.* Reimpreso con permiso del autor.

Unwin Hyman, Ltd: extractos de *Common Sense and Nuclear Warfare* y *Has Man a Future,* ambos por Bertrand Russell; extractos de *Medea,* de Eurípides, traducido por Gilbert Murray. Copyright 1906 por Gilbert Murray. Todos los extractos reproducidos a través del amable permiso de Unwin Hyman, Ltd.

Winnipeg Free Press: «Roche calls for N-Arms Cuts» de *The Winnipeg Free Press.* Reimpreso con permiso de The Canadian Press.